SNOW LEOPARD

SNOW LEOPARD

以红外相机拍摄为重点的雪豹种群

Surveying Snow Leopard Populations with Emphasis on Camera Trapping

调查手册

A Handbook

作　者:
Rodney M Jackson
Jerry D Roe
Rinchen Wangchuk
and Don O Hunter

JWRC

FAUNA & FLORA *International*
Conserving wildlife since 1903

SNOW LEOPARD CONSERVANCY

XCF

如果需要引用本手册的内容，请采用如下格式：

Jackson, Rodney M., Jerry D. Roe, Rinchen Wangchuk and Don O. Hunter: 2005. Surveying Snow Leopard Populations with Emphasis on Camera Trapping: A Handbook. The Snow Leopard Conservancy, Sonoma, California (73 pages)

也可以在如下网址下载：**www.SnowLeopardConservancy.org**

英文版本由 Snow Leopard Conservancy 出版，18030 Comstock Ave, Sonoma, CA 95476，如果有反馈，请联系 Rodney Jackson, info@SnowLeopardConservancy.org

中文版本由新疆自然保育(www.GreenXinjiang.org)翻译和出版，如有反馈，请联系 greenxj@163.com

本手册的再版如果是用于教育或其他非商业目的，在获知手册来源的前提下，不必获得版权所有者的书面同意；如果再版是用于销售或其他商业目的，则必须获得版权所有者的书面同意。本手册由 Richard Goold 设计。

中文版本封面及封底设计：武江

鸣谢

我们特别向 Jammu & Kashmir State Chief Wildlife Warden、Wildlife Wardens of Leh 和 Ladakh、以及赫米斯高海拔国家公园的工作人员致谢，感谢他们允许我们开展这项研究并为野外调查提供了便利。也向 Rumbak、Rumchung、Zingchen、Yurutse 村中向我们通报有目睹雪豹经历和保证我们拍摄设备安全的村民致以特别的感谢。来自雪豹保护协会印度办公室的 Jigmet Dadul 和 Tashi Lundup，以及来自洛山矶动物园的 Barbara Palmer 协助了自动拍摄装备的监测。Sandeep Sharma 在野外调查中与我们合作，来自 USGS Patuxent Wildlife Research Center 的 Jim Nichols 博士和 Jim Hines、Fort Collins Science Center 的 Thomas Stanley 对取样方案提出了建议并协助数据分析。Mitchell Kelly（摄像师）和 Hugh Miles（制片人）向我们提供了记录片〈寂静的咆哮——搜寻雪豹〉（*Silent Roar – Searching for the Snow Leopard*）的脚本，该片于今年早些时候在 PBS 电视台播出。雪豹保护协会的志愿者 Joyce Robinson 和 Namita Dalal 协助了数据录入。Heath Bartosh 制作了地图并提供了制作 GIS 地图的信息来源，以及在附录中的卫星影像资料。

Deanna Dawn、Luke Hunter、Tom McCarthy、Sue Townsend 和一些不愿署名的好心人为我们的手册草稿提出了宝贵的建议。我们的研究深深得益于 K. Ullas Karanth 博士和他的同事利用自动相机拍摄老虎的研究，也包括 Philipp Henschel、Justina Ray 和 Scott Silver 对其他猫科类动物的研究。

Richard Goold 负责本手册的排版和设计。他对版面和图像设计的独具彗眼令科技文章的阅读变简单了！我们还要特别感谢 Cat Action Treasury 的主任 Kristin Nowell，在该基金会的支持下雪豹保护协会得以顺利实施其以社区为基础的雪豹研究和保护项目。

最后，我们还要向 Leonard X. Bosack、Bette M. Kruger 慈善基金会，Wildlife Conservation Network（WCN）、美国地理调查 Fort Collins Science Center 和许多在资金上支持雪豹保护协会的朋友们致谢。正是你们的支持，第一本关于自动照相机监测雪豹的手册才得以问世。Jon Vannini 慷慨的捐赠对启动这一项研究功不可没。

鸣谢（中文版）

新疆自然保育（Xinjiang Conservation Fund）开展中国雪豹的保护工作已经有 4 年多之久，这一次我们非常高兴将由美国雪豹保护协会的专家们编写的《以红外相机拍摄为重点的雪豹种群调查手册》介绍给中国的读者，特别是给对雪豹和其他猫科动物展开种群调查研究的动物学家、保护区的工作人员和相关动物保护机构和组织。

本手册由几位对雪豹保护富有极大热情、并有实际野外调查经验的动物学专业的年轻学者领衔翻译，他们是田磊磊、梅宇、陈莹、程芸和葛昀。总校对和编审为葛昀。

我们要特别感谢雪豹保护协会（Snow Leopard Conservancy）、日本自然环境研究所（Japan Wildlife Research Center）、FFI 中国的慷慨支持，也要感谢蒙古雪豹中心（Mongolian Irbis Center）的支持。

目录

执行计划摘要 6

第一章 挑战—研究难以捉摸的雪豹的状况 7

第二章：关于这本手册 11

第三章：监测雪豹种群的调查类型 12

3.1 出没/未出没调查 12
3.2 分布状态或范围地图 13
3.3 基于痕迹监测相对多度 15
3.4 估计绝对多度 17
3.5 哪种调查方法最合适 18
3.6 取样需要考虑的事项 20

第四章：利用自动拍摄照相机估计雪豹种群大小 21

4.1 在安装自动照相机时需考虑的几个因素 22
4.2 对于自动照相机种群数量调查和估计基本的假设 23
4.3 被推荐的取样设计和工作 24
4.4 自动拍摄照相机调查的时间选择 29
4.5 传感器和照相机的选择 29
4.6 安装远程自动拍摄照相机的指南 31
4.6.1 拍摄地点的选择 31
4.6.2 传感器和照相机结合 32
4.6.3 清除植被 35
4.6.4 胶卷和其他照相机设置 35
4.6.5 诱饵的使用和引诱 36
4.6.6 照相机监测和数据记录 37
4.7 从照片中识别雪豹个体 38
4.8 数据分析和统计方法 41
4.9 计算种群密度 44

第五章：结果 45

5.1 成功捕获和种群普查 45
5.2 雪豹的识别 47
5.3 照相机布局对成功捕获和识别的影响 49
5.4 闭合检验和模型选择 49
5.5 相机拍摄捕获概率和种群估计 50
5.6 有效的样本区域和种群密度估计 53

第六章：结论和建议 54

6.1 红外照相机监测法在雪豹研究中的可行性 54
6.2 照相机和感应器的选择和性能 56
6.3 使用红外相机研究种群数量的费用 60
6.4 红外相机自动拍摄法对雪豹生态及保护的影响 61

参考文献 65

***附录 1-A：*TrailMaster 在野外的安装** 72
***附录 1-B：*自动拍摄设备 CamTrakker 在野外的安装** 77
***附录 2-A：*自动拍摄装备架设地点的特性** 78
***附录 2-B：*表格 2－自动拍摄装备架设地点监测** 80
***附录 2-C：*定义和数据代码** 81
***附录 2-D：*监测表格填写范例** 83
***附录 2-E：*CAPTURE 文件输入示例** 84
附录 3：红外自动拍摄设备的新一代产品 85
3.1 理想的模拟数字式摇控照相设备系统的特性 85
3.2 自制主动式红外感应相机评估 88
***附录 4：*照相设备的资源** 90
4.1 相机制造商和网站（改编自 Henschel 及 Ray,2003） 90
4.2 自制红外自动拍摄设备 90
4.3 分析软件 91
4.4 雪豹分布区的地图和卫星影像 91
4.5 GPS 装置 93

图的列表

图 1：雪豹分布图.....7
图 2：取样普查程序的流程图.....25
图 3：赫米斯国家公园进行普查研究的调查区域分布图.....27
图 4：典型的自动拍摄照相机拍摄点.....31
图 5：石头堆能适当地抬高、调整和保护自动拍摄照相机的示例.....32
图 6A：首要的自动拍摄照相机（TrailMaster 1550）的安装方法.....33
图 6B：第二种自动拍摄照相机（TrailMaster 1550）的安装方法.....33
图 7：使用面部特征去区别被圈养的雪豹个体.....37
图 8：基于毛皮图案识别两只单独个体的例子.....38
图 9：雪豹尾巴背面截然不同的毛皮图案的例子.....38

表的列表

表 1：12 个雪豹分布国家的雪豹栖息地和种群估计.....8
表 2：雪豹调查的例子和相关的方法.....18
表 3：不同调查层次的优点和缺点.....18
表 4：一张捕获史的表格实例.....40
表 5：假设的拍摄捕获-标记-再捕获概要统计表.....41
表 6： CAPTURE 程序评估闭合种群模型的概要.....41
表 7：模型选择程序中使用的特殊的假定测试.....42
表 8： 2001-2004 年间拍摄行动及成果概要.....45
表 9： 2003-2004 年普查期间雪豹照片中身体可见部位的比例.....48
表 10：在赫米斯国家公园自动相机拍摄雪豹的捕获--重捕获模型统计.....50
表 11：用 CAPTURE 选择模型.....51
表 12：在赫米斯国家公园中雪豹样本的评估丰富度和捕获率.....50
表 13：赫米斯国家公园中雪豹平均移动距离、有效样本区域和雪豹密度的估计.....53
表 14：研究中使用的红外感应器和照相机的对比.....56
表 15： 6-8 周集中式采用红外相机自动拍摄法进行种群估算的费用一览.....58

文本框的列表

Box A：影响雪豹痕迹处理和痕迹存留时间的因素.....11
Box B：“拍摄捕获-标记-再捕获”假设.....22
Box C： 调查设计需考虑的事项和建议.....26

红外照相机是种群研究中有效的工具

执行计划摘要

要掌握性格孤僻、难以捉摸的猫科动物像老虎(*Panthera tigris*)和雪豹(*Uncia uncia*)的数量是极其困难的。正因为许多因素会影响雪豹的行进方式和标记行为，利用足迹和其他痕迹的间接方法会产生和数量没有直接相关性的模糊信息。此外，考虑到雪豹栖息在偏僻崎岖的地区，我们对这一濒危物种的状况和栖息范围的了解知之甚少也就不足为奇了。

我们采用 Ullas Karanth 博士和他的同事们最先采用的用来计算孟加拉虎的照相跟踪技术，来调查位于印度拉达克地区的赫米斯高海拔国家公园(Hemis High Altitude， 缩写 HNP)的雪豹。HNP之所以被选中是因为那里经常有雪豹出现，少有偷猎事件发生，有相对稳定的有蹄类动物作为食物基础，以及明确的行踪，在那里放置远距离遥控的照相机可以达到稳定的较高的拍摄成功率。

这本手册提供了对雪豹种群调查的方法介绍，以及红外照相机自动拍摄方法的详细说明。2002年到2004年冬季期间，雪豹保护协会（Snow Leopard Conservancy）进行了红外线照相机自动拍摄技术的试验，确定了一种适用于高海拔环境下的方法论。在2001年和2002年，我们把更多的时间花在熟悉各种红外线自动照相机上，包括它们的安装和操作，以及比较不同型号和传感器类型的有效性。2003年和2004年的1月到3月，我们在雪豹习惯的行走路线中或在带有雪豹气味标记的石头附近（或石头处）和擦痕位置，每16km^{2}取样单元里，放置了红外照相机。2003年和2004年期间，总共拍摄了66张照片，拍到雪豹的照片有49张，也就是平均每100个拍摄夜晚，可拍摄到5.63和8.91只单独个体。拍摄到的概率从0.33到0.46。密度估计从2003年每100 km^{2}的8.49 ± 0.22只到2004年每100 km^{2}的4.45 ± 0.16只，几年中数量的差异很大程度上是由于不同的拍摄密度。雪豹的数量估计是利用计算机程序CAPTURE计算得出的。

雪豹个体的识别基于它们截然不同的皮毛图案。下肢、侧腹和尾脊表面上这些区域对识别最有用。在探究了各种各样的照相机安装方案之后，被证明最可靠的是斜角（即45度）方向安装两个照相机，因为雪豹的皮毛图案不对称，放置位置应该呈使雪豹进入漏斗状狭窄的地形通道。我们依靠独一无二的玫瑰状和点状的图案成功地识别了个体，得到了这两年期间在调查区域里有最少有6只雪豹的种群调查的结论。然而，主观倾向也极大地影响了依赖照片来识别个体。

一场大雪过后检查红外线自动照相机

我们的研究提出“拍摄捕获-标记-再捕获法”(capture-mark-recapture，缩写CMR)取样法能成为监测统计方式的有用工具;然而,对于基于(CMR)模式产生关于种群密度和数量的极具说服力的统计估算而言，一个较大的样本规模是有必要的。但由于崎岖的地形和缺乏现成的通道，研究者在大范围内摆设相机的能力严重受到限制。照相机从一个地方移到另一个地方也很耗时。拍摄累积曲线显示红外线自动照相调查需要持续至少35天来发现足够的个体，但为了确保足够的再捕获可能需要40-50天或者更多天。我们推荐最小的拍摄密度是每16-30 km^2大约2个拍摄位点。红外线自动照相机估计雪豹数量和密度还应该综合考虑被捕食的蹄类动物数量的调查和任何可能出现雪豹标记信号的地方的校准数据。

由于种群估算非常困难，自动相机技术能够提供单个雪豹个体的最小数量，条件是拍摄要覆盖足够大的范围和至少2-3个月的拍摄周期，一年中冬季和早春是最好的调查时间。获得统计学意义上可靠的种群数量估算是昂贵的、耗时的，在很多情况下也不一定可行。然而，让受过足够培训的野生动物保护工作人员或当地村民在雪豹经常造访的岩石标记处，在较长的时间跨度内，使用代价不高的被动式红外相机的方法则能够监测个体的数量和数量的模式。掌握了个体雪豹栖息在某一特定区域可能会帮助当地社区中的利益相关家庭管理好他们的牲畜。

性格孤僻的猫科动物居住在偏僻的地方

第一章 挑战—研究难以捉摸的雪豹的状况

独行而神秘的大型猫科动物（如老虎 *Panthera tigris* 和雪豹 *Uncia uncia*）的数量调查是很困难的。大多数间接估计大型肉食动物数量的方法（包括被广泛使用的足迹调查法）都是不完善的，因为这些方法忽视了与可观察性和区域取样相关的根本性问题，或是没有充分校准已知的密度和栖息地结构(Karanth 等 2003; Jennelle 等 2002)。大型食肉动物分布区域广但数量稀少，Karanth 和 Nichols 在提及印度老虎的数量时也强调了它们行踪隐没的特点，这些都极大地影响了上述的因素。除了具有和老虎同样的个性外，濒危的雪豹更是栖身于世界海拔最高和也许是人类最难以涉足的区域，就算是不畏挑战、最具恒心的研究者想去接近去考察都是很费力的（Jackson 和 Fox 1997）。另外，根据小样本尺寸来估计所有珍稀的或难以捉摸的食肉动物也是非常麻烦的，特别是雪豹(Mills et al. 2000)。

雪豹稀疏地分布在广阔的中亚高山地区，分布区面积可达１２０～１６０万平方公里，甚至于３００万平方公里(Fox 1994; Hunter 和 Jackson 1997; Nowell 和 Jackson 1996; Sunquist 和 Sunquist 2002)。图 1 指示出雪豹分布的大致情况。雪豹的种群数量大概是 4，５００～7,５００只，分布在１２个国家：中国、不丹、尼泊尔、印度、巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯、蒙古（见表１）。然而，没人知道雪豹目前的实际情况。由于海拔高、地势险要、资金、训练有素人员的匮乏、后勤补给的困难，研究者只能粗略地绘制出了雪豹的分布区域。

对野生雪豹种群的主要威胁是牧民的报复性的杀害（尤其是一只雪豹夜间进入到简陋的家畜栏后发生

许多捕杀事件的结果）、偷猎获取其高雅精致的皮毛和有价值的骨骼或身体其它部分（后者用作传统的中药）、栖息地的破坏、过度放牧，以及天然的被捕食动物的减少。

图 1 ，雪豹分布图（根据 Fox 1994 改编）

雪豹出现在海拔 3000 到 4500 米的地方，偶尔也出没在高至喜马拉雅山 5500 米的地方或低到 600 米的北部地区（蒙古和俄罗斯）。种群密度从每 100 km^2 少于 0.1 到超过 10 只（Jackson 和 Ahlborn 1989；Nowell 和 Jackson 1996）。雪豹喜欢陡峭险峻的地方像悬崖，山脊，溪谷和岩层；但只要有足够隐藏的地方，在蒙古和青藏高原它们也占领着相对平坦或略有起伏的地区。山脊，悬崖边和有明确排泄物的地方被认为是共有的群居标记，包括擦痕的沉积，叫声和气味（Ahlborn 和 Jackson 1988）。虽然已有文献报道雪豹除了捕食有蹄类动物，也捕食旱獭（*Marmota spp*），鼠兔（*Ochotona spp*），野兔（*Lepus oistolus*）和许多小型啮齿动物以及猎禽，但雪豹的分布主要与它的大型被捕食动物-岩羊（*Pseudois nayaur*）和北山羊（*Capra sibirica*）紧密相关。人们对雪豹在野外的行为、运动、活动范围、社会组织和繁殖情况知之甚少（Nowell 和 Jackson 1996；Sunquist 和 Sunquist 2002）。

迄今为止，保护工作者主要依靠标记来决定这种难捉摸的物种存不存在以及计算相关的数量。在九十年代初期，国际雪豹基金会（ISLT）认识到需要一种标准的实地考察的方法，只要有基本学术资质的实地工作者就可以采用这种方法。为了这个目标，ISLT 建立了雪豹信息管理系统（SLIMS），是一个包含雪豹整个栖息地范围的关于雪豹种群，保护区域和关键的栖息地特征的综合的计算机数据库。SLIMS 研究基于沿着 0.3 到几公里长的固定范围内发现的信号的记录，即观察者记录下所有能被观察到的雪豹留下的擦痕、足迹、粪便、留有气味的石头和其他信号（Jackson 和 Hunter 1996）。SLIMS 研究已经应用于雪豹分布地区的不同地方。但这个系统也有不足之处，特别是零零星星和不连续的应用（因为分布国科研机构和和野外生物学家买进很有限）、普遍缺乏资金、对生物背景有限的人过高要求的调查协议（Jackson 等 1997）。ISLT 开发了一种简约化的方法并刊登在雪豹网络（Snow Leopard Network）的主页上（www.snowleopardnetwork.org）。表格和痕迹调查方法也能从雪豹保护协会（Snow Leopard Conservancy）的网页上下载。

如果不监测目标物种种群和它所占领的（或未占领）栖息地的质量，就无法来判断用于保护的投资效力。还好日趋明显的是从关注不够转向开展调查和监测方案，为保护区的管理人员和决策人员提供可信赖的基础信息，能让他们作出有根据的决定。Karanth和其他人（2003）评论了老虎“足迹调查方法”的效用，印度人过去30年一直依靠这个方法。他们的结论是，这种方法存在对基本假定的根本性缺陷，并且它缺乏必要的统计学中的严谨。幸运的是一套新的非侵犯式的技术，包括远距离照相机拍摄和毛发或抓痕的DNA基因鉴定，为高准确度的、精密的和科学的计算和估计种群大小提供了希望，但花费较高。从粪便和被挂掉的毛发中提取达的基因材料可以提供关于物种和个体的信息，包括推断遗传变异，遗传的有效群体大小，个体的迁入迁出，分布，活动范围，栖息地的利用，血族关系和父子关系，即使是稀有而神秘的物种(Piggott和Taylor 2003)。

如果生态保护者要确保如老虎和雪豹这样的大型食肉动物的种群延续下去，他们需要更多地了解在一可控制的时期内关于物种的分布方式和种群数量趋势(Snow Leopard Survival Strategy 《雪豹生存策略》2003)。只有通过对每一个种群的常规监测，才能发现其范围的缩小或扩大。而且，监测构成了研究种群动力学和小块占有地以及核查保护作用的重要工具，事实上，对目标物种的数量产生了积极的影响。

Karanth (1995)证明了用照相的“拍摄捕获-标记-再捕获法”(CMR)估计老虎种群大小的可行性，随后精练取样过程以估计在印度保护区内有代表性的区域里的老虎数量(Karanth和Nichols 1998)。在2002年，我们在印度西北部拉达克的赫米斯高海拔国家公园(HNP)开始红外照相机拍摄的研究，采取由

表1　12个雪豹分布国家的雪豹栖息地和种群估计

国家	栖息地范围（平方公里[1]）	种群估计[2]
阿富汗	80, 000	100-200
不丹	10, 000	100[2]
中国	400, 000	2, 000-2, 500
印度	95, 000	200-600
蒙古	130, 000	1, 000
尼泊尔	30, 000	350-500
巴基斯坦	80, 000	250-420
俄罗斯	131, 000	50-150
哈萨克斯坦	71, 000	180-200
吉尔吉斯斯坦	126, 000	800-1, 400[3]
塔吉克斯坦	78, 000	120-300（650）
乌兹别克斯坦	14, 000	10-50
前苏联	（400, 000）	（1, 160-2, 100）
	1, 835, 000[4]	总计 ± 4, 500-7, 500

1 Fox 1992； 2 Jackson, 未出版的资料；3 最近估计只有50%或数量下降到650只左右；4 Jackson and Hunter (1996) 用GIS建模估计了3, 024, 728 km^{2}总的潜在的栖息地

Karanth和他的同事开创的技术。我们的研究主要有以下几个目的：

1. 通过使用远距离触发的照相机将CMR模型应用于雪豹，建立一种标准的野外方法和取样策略；
2. 能够估计连续两个（冬）季雪豹的密度；
3. 为了更好地估计总体数量，建立一个自动照相方案能够应用于高密度和低密度地区的雪豹；
4. 基于它们独一无二的皮毛图案建立一个雪豹识别方案。

我们选择 HNP 是因为那里经常有雪豹出现，偶尔还发生偷猎事件，有一个相当稳定的蹄类动物种群，以及存在着常住和暂住雪豹使用的明确的穿行通道，远程自动照相机能得当地被放置来完成始终一致的拍摄概率 (Jackson 等，正在审核中的手稿)。这本手册基于了此项研究结果和 Jackson 和 Hunter (1996)对雪豹痕迹研究先前做的工作。

在尼泊尔西部海拔5000米处一只雄性雪豹的足迹

雪豹（UNCIA UNCIA）：

雪豹 - 可能是最漂亮的野生猫科动物，同样也是最罕见的。以其烟灰色和黄色相间的皮毛、深灰色盛开的玫瑰花形图案以及黑色斑点而闻名，这些都为雪豹在岩石和雪地中提供了绝佳的保护伪装。独特的适应性让它们能忍受极端的气候和地形。它们那标志性的尾巴能帮助它们在狭窄的山脊保持平衡，而在在寒冷地面上休息时又能包住身体提供温暖。其它的适应性包括又长又密的下腹绒毛，结实的胸膛，带有大爪子的短的前肢和相当长的后肢，这些都赋予了它们传奇般的跳跃能力。

摄像：Ron Kimball

第二章：关于这本手册

这本手册主要的目的：

•简要回顾了确认是否有雪豹出没（察觉/不察觉）的方法、雪豹的相对数量和种群大小；

• 为使用自动照相机拍摄研究提供了详细的指导，特别强调了适合于雪豹主要的山地栖息地环境的办法；

• 鼓励使用自动照相机拍摄作为一种方法，来校准源于雪豹大范围的不同区域和栖息地的信号而得出的相关数量指标。

这本手册基于雪豹保护协会（Snow Leopard Conservancy）2002 年到 2004 年期间在印度的赫米斯高海拔国家公园的采用的红外照相机监测。这本手册是针对研究人员和保护区的具有理学学士或更高学位的生物学家，他们对种群取样法理论和实践有基本的理解，还具有侦查和解释雪豹痕迹的能力。针对保护和监测雪豹的其他人，如公园守卫和非政府组织（NGO）的野外工作人员，还另有一关于如何使用简单的、被动式、略便宜些的红外照相机的简短的版本将刊登在雪豹保护协会的网站上。它来源于巴基斯坦，印度和尼泊尔这些国家当地村民和非政府组织成员目前拍摄的结果。

讨论的主题：首先，我们简短描述了调查的基本类型以及每种类型期待达到的目标，包括出现与/不出现，分布图的绘制，通过沿着雪豹行走通道观察留下的痕迹来监测雪豹的相对数量，种群调查以及在雪豹个体的侦查和识别基础上的绝对数量估计。对利用不同类型的痕迹（足迹，抓痕，毛发和照片）去识别雪豹个体的潜力和局限性作了简单的讨论。

其次，我们对什么是监测和系统取样法的重要性下了定义。最后，我们全面介绍了自动照相技术是在

至关重要或特殊利益的区域里调查和估计雪豹数量的一种方法。鉴于各个分布国家的生物学家和保护者不易获得科学文献，所以我们提供了自动照相技术所有方面的详细信息，包括 CMR 种群估计的假设，以及通过软件程序 CAPTURE 计算的各种估计模型的细节。

你应该采取哪种调查方法？

第三章：监测雪豹种群的调查类型

Karanth等(2003) 根据用于在印度监测老虎方式的复杂程度的递增，列出了三个基本层次。这些随着目标和地理范围而变化，覆盖了从通过广泛的整个地区的调查来绘制掠食者-被掠食者的分布地图到针对确定每一年的幸存者、特定种群的新增成员或者趋势的特定地点监测。基本上，这三种监测类型都应用于雪豹：

1. 利用出没 / 未出没（察觉/未察觉）调查法来绘制雪豹分布模式图和/或识别占领范围；
2. 利用样线标记法来‘追踪’在特定区域之间或特定区域内雪豹的相对数量；
3. 利用自动照相技术和相关的技术来识别个体和准确地估计种群的大小（绝对数量）；

Box A: 影响雪豹痕迹处理和痕迹存留时间的因素（Ahlborn和Jackson 1988; Jackson和Hunter 1996）

因素	对痕迹数量的影响	注解
季节	标记出现几率季节性地改变（交配季节达到最高峰），因此晚冬和早春是最佳收集期。	调查必须在可比较的季节进行（即在每一年相同的时间获得趋势信息）
标记物酶作用物的类型和痕迹的类型	擦痕和石头上存留气味的时间取决于其酶作用物和与其地点相关的其他因素。	痕迹存留时间长短与酶作用物和痕迹类型密切一致（即足迹存留时间短、擦痕和粪便时间长，除非是受到天气、家畜或人类的破坏）
天气（雪，雨和风）	时间的流逝将隐没和/或销毁痕迹	雪能掩盖旧的痕迹，但可以使新鲜的足迹醒目。雨和风销毁痕迹，通常速度很快。
人类和家畜的干扰	痕迹被路过的人和他们的家畜毁掉	家畜随季节迁移，在春末和夏季更多家畜移向高海拔地带。
社会组织和土地的使用	与同种痕迹密度相对应的雪豹记号在重叠的核心区域是最好的	雪豹的密度、居住地范围的交迭和群居交流混淆了标记几率和痕迹的数量。

3.1 出没/未出没调查

在一个通常不小于200-500 km^2大小的特定区域内寻找并确定一个物种的出没，是依据间接的痕迹（足迹，粪便等）和通过与当地居民、猎人和其他了解情况的人的仔细交谈获得相关信息。以SLIMS作为方法论指导的《第一顺序调查报告》（First Order Surveys）即是以此为目标(Jackson和Hunter 1996)。

调查人员必须了解在一个特定区域内，决定一个物种的出没（较为容易）和确定它的未出没之间的基

本的区别，因为后者要困难得多。“察觉/未察觉调查方法”这一概念，本质上更适合于未出没，它难以甚至不可能用一个合理的确定的度来确立。雪豹出没容易被证实是基于我们能可靠地识别它的痕迹（例如：足迹，粪便，留有气味的石头）或确实看见了雪豹（很少或经常很难证实）。相反的，没有发现痕迹或没看见雪豹可能仅意味着一次侦查痕迹活动的失败。即使因为一些原因当在被调查区域雪豹确实存在时，这种情况（未被觉察）也会发生。首先，痕迹存留时间受许多环境因素的支配，而群居标记改变的强度又依赖于一年中的不同时间和不同个体栖息地使用情况（见 Box A）。

事实上，要得出雪豹不出没的结论，就需要花费相当的时间和精力，这通常超出调查人员和他们资助方的能力之外。尽管如此，研究人员已经开发出基于统计学的调查方法和运算法则来估计察觉雪豹的概率（见下一部分）。在未出没永不能被准确核实的情况下，如果熟悉雪豹痕迹和当地行进路线的调查人员在不中断的、方圆 75-200 平方公里的调查区域内，在为期 3-6 周细心的野外工作中，没有发现任何雪豹痕迹的话，那么在一给定区域内雪豹的出没就基本是不可能的。

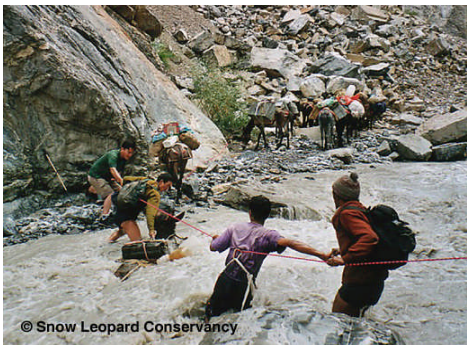
3.2 分布状态或范围地图

分布状态或范围地图旨在对食肉动物空间分布模式在现今或历史上的大致变化绘制地图和/或进行监测。当这些地图被充分利用时，它能提醒管理人员由于栖息地破坏、退化或对食肉动物和被猎物的过度捕杀，导致了种群毁灭。对于掌握跨国的或在雪豹分布范围内不同地区的雪豹状况（或其他目标物种），和用来检查被怀疑物种已经灭绝的历史位置，存在出没的信息是至关重要的。(MacKenzie 等 2003)。人们曾用专业知识绘制了美洲豹（*Panthera onca*）的空间地图。地图显示历史上曾分布的范围、目前占据的范围、实际的掠食者和被掠食者种群的区域、以及目击出没的位置(Sanderson 等 2002)。雪豹专家目前汇聚在雪豹网络（SLN）中开展类似的实践。SLN 是由来自政府和私营部门的组织和个人组成的合作机制，他们协同工作，为了有效地保护雪豹、它的食物、它们的栖息地，和最终有益于人类和生物多样性。ISLT 创立的 SLIMS 数据库也存放在 SLN 网络上。

觉察/非觉察调查提供了一种方法来评估雪豹空间分布结构和估计它占领的一个特定区域的比例（即‘小块占有地’），前提是这样的调查能系统地进行而非特别安排的。(Thompson 1998, MacKenzie 等，2002和2003)。调查区域被划分为从10至100平方公里的调查单元（也叫栅格或样本块）；探访在每一个单元内具有代表性的地点，通过痕迹（足迹，抓痕等），直接目击（基本不可能）或通过和当地了解情况的居民重点交谈，来断定目标物种的出没（或从未出没）。良好的调查实践包括对整个调查过程的预测（例如，考虑到覆盖范围的因素下，预测寻找痕迹花掉的小时或天数）、记录所有看到动物或痕迹所处的纬度/经度。显然，被覆盖范围的面积由可支配的预算、人手、后勤和道路或安全问题来决定。要知道，雪豹分布范围的大部分位于沿着国境线的地区，国外专家甚至国内专家都不允许进入。如图1所示，占雪豹分布范围的25%的面积落在国际边界的50公里内。

然而，为了得到空间分布的可靠数据，研究人员

必须特别注意取样的设计来确保合适的和系统的调查。第一步就是把感兴趣的大区域平均划分为易处理的单元。考虑到栖息地和地域类型的典型性，其面积不应超过雪豹最小的“家”的活动范围。在高质量的，被捕食动物丰富的栖息地(Jackson 1996)可以是16-30平方公里的单元（例如，人烟稀少和岩羊较多的尼泊尔西部的喜玛拉雅崎岖地带）；在被捕食动物稀少和相对开阔的的蒙古戈壁沙漠上， (McCarthy 2000)，单元面积从100至200甚至400平方公里才够。然而，单元的大小将影响结果数据的粗糙程度，任何的决定要在期望得到的调查结果、投入水平以及覆盖较小的调查地点所需的花费之间达成某种平衡。根据Henschel 和Ray (2003)关于森林豹(*Panthera pardus*)的手册，关于单元的形状没有定则。作为空间取样单位例子的方形或六角形的单元彼此间接合最服帖，因为单元之间没有留下间隔，在实际当中，地形和易接近程度通常决定了哪种单元面积和形状最适合。



一个合适的单元面积确定下来后，我们把调查区域划分成取样单位。下一步（更难的一步）是选择一系列邻近的取样单元，通过搜寻痕迹或使用探测装置如远程自动拍摄照相机的方式来调查和观察雪豹的出没或未出没。只要取样工作的面积足够大而且具有代表性，在一个相当大的区域内就能将雪豹的分布绘制成图。但是，一般不可能在期望的调查区域里取样所有单元，因此，必须选择调查一个随机的或更好是分层取样单位。

讨论各种各样的取样策略和可利用的设计超出了本手册涉及的范围。所以，我们建议读者看看像Lancia 等 (1994) 、 Thompson 等 (1998) 或Williams等(2002)写的权威性的文章。其中一些重要的观点是：

• 保证取样单元的连续性。换句话说，取样之间间隔不可以大到有维持一只雪豹生活的空间（见4.3）。

• 选择在感兴趣区域内的完整栖息地范围的典型区域（即不仅只是非常适合栖息的地带）并且取样同雪豹出没大致成比例。

• 使用标准的和连续的寻找方法并保证记录你的取样工作（例如，每个单位区域花在寻找痕迹或动物

的时间；由受过培训的调查人员在可进行比较的天或年的时间内进行调查）。

显然，对调查区域的细致了解是保证，地形图（比例 1:250,000 或更好的）并随身携带卫星图几乎都是不可缺少的。不幸地是，获得许多雪豹分布国家的地图是很困难的并且经常是不可能的；然而，关于其中一些地区的由前苏联完成的卫星图和比例 1:100,000 的地图可以从互联网上获得（见附录 4 经挑选的地图资源）。

在 Karanth 和 Nichols (2002)关于老虎监测的手册中，他们推荐使用适合的集簇取样法（cluster sampling）：在邻界那些最近被记录或核实的目标物种出没的地区取样所有单元，并连续取样直到被没有发现豹出现的单元环绕，依此建立一个简单的或分层随机取样设计。雪豹通常居住在山岭地区的事实将有助于决定应该在哪个方向持续增加单元。众所周知，雪豹穿梭在山区的盆地或 50 公里和更广的平原，这样的栖息地不会被永久占据；它们实际上被从一个山地向另一个山地迁移中的雪豹们所使用。(McCarthy 2000)。

如上面所提到的，另一个重点考虑的是一个人应该在研究中投入多少精力去核实雪豹的‘出没’。对研究工作没有硬性和一成不变的规定，因为工作量会随着观察人员的知识和技巧、易接近程度、后勤和地形类型而发生很大的变化。例如，在雪豹迁移受到强烈限制和漏斗状地形的地区、或者最小限度受到家畜打扰的某些地方、以及紧随交配季节的几个月当中，观察人员很容易发现雪豹的擦痕或相关痕迹 (Ahlborn 和 Jackson 1988; Box A)。然而正如上面所提到的，观察到的可靠的新鲜痕迹（特别是擦痕和足迹）被用来最终确定雪豹的出没。没有出现痕迹不完全等同于该地区没有雪豹出没。可以这样说，未察觉表明或者是没有雪豹出没，或者是它的出没有被发觉而已 (见 Karanth & Nichols 2002)。雪豹的标记行为似乎是受到群居性的驱使(Ahlborn 和 Jackson 1988)。在调查地区没有察觉到雪豹就简单推断这预示着没有雪豹出没，可能会导致占领地点的估计偏差(MacKenzie 等 2003; Wintle 等 2004)。

这就突显了使用一种力图估计目标物种的“检测概率”的调查方法的重要性。检测概率既可以由多个观察人员独立地调查没有发现痕迹的相同的的单元来评估，也可以由相同的观察人员在两个或更多不同的情境下重访该单元。这样的数据然后被用来校准对已经发现有雪豹的单元的数量估计，从而在被占领区域的部分获得更可靠的信息。Karanth 和Nichols (2002)在对老虎的研究中描述了这个方法。当检测概率小于1时，通过使用模型来估计地点占有比率，这个方法获得了进一步的发展。详细资料见MacKenzie等(2002; 2003)，还有能计算出小块占领地比率和相关参数的他们的计算机程序(PRESENCE)（美国地质勘测帕图克森特野生动植物研究中心（U.S. Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center ） 网 站 ： www.mbr-pwrc.usgs.gov/software.html）。Wintle 等(2004)也提供了一个计算检测概率的电子制表软件。

3.3 基于痕迹监测相对多度

和绝对密度有***直接或至少有一致***相关关系的大量的数量指标能被用作目标物种相对多度的一个测量标准。样线标记法，与一个标准方案符合的足迹、擦痕、粪便和留有气味的石头的数量，是用于监测雪豹相对数量的一种广泛提倡的方法，尤其在相对受限的的区域像国家公园和其它保护区(Jackson和Hunter 1996)。在*雪豹信息管理系统（SLIMS）*下，相对多度用遇见几率表示（即每行走一公里遇见的足迹、擦痕或粪便的数量）。然而，目前只有过一次试图把痕迹密度和猫科动物密度联系起来的研究(Ahlborn和Jackson 1988)。这一研究显示，痕迹预测了已知（雪豹）造访的60%，在重叠的‘核心使用区’内痕迹密度是最高的。有关表格和信息，见*SLIMS*使用群网站：www.snowleopard.org/whatwedo/science/slims 或SLC的网站。

另一个数量指标的例子包括每一个研究单元雪豹照片的数量(Carbone等2001)，或发现的相对于旧抓痕的新抓痕的比率（认为在雪豹密度更高的地点重复抓痕的频率更高）。然而，数据设定的可变量的数量可能对取样工作要求相对高些。虽然比较能在不同区域间进行，但指标更适用于年复一年跟踪相同区域里的年度种群数量趋势，因为痕迹的沉积几率和痕迹的寿命受到许多环境的和行为因素的影响(Ahlborn和Jackson 1988)(Box A)。

可变性影响所有的数量指标，特别是足迹、抓痕、粪便、或留有气味的石头的数量，这些通常不能准确校准动物的数量，典型地需要真实的样本大小来说明数据的可变性。Ahlborn和Jackson (1988)发现比起存留时间更短的足迹来说，抓痕是一个更好的表明雪豹造访的标志， 但是这些研究人员也称，察觉从第一年到下一年调查区域间或痕迹密度的区别需要相当多的工作。他们估计在尼泊尔的高密度雪豹区域（每100平方公里10-12只），发现痕迹需要36,158和121条样线以a ± 30%的置信水平获得抓痕、粪便和足迹的平均数量。因此，从痕迹数量估计动物的密度需要极大的工作量。

痕迹识别的可靠性是另一个值得考虑的重要因素。雪豹和山猫的足迹在形状，外观甚至大小上非常相似，同样能被认为是一般的豹类。辨识粪便时必须特别小心，因为雪豹的刨痕也和那些普通豹，狼甚至狐狸留下的大小相似（因为雪豹留下的刨痕的形状，长度和直径通常小些）。沿着喜玛拉雅南坡，或是青藏高原东部区域，在这些雪豹和普通豹出现重叠分布的区域，情况就更复杂了。甚至犬科动物和猫科动物的足迹都能迷惑无经验的野外工作人员。在山中土层上的痕迹通常较粗糙因此不适合保存细致的足迹印痕（除了在雪地里，但是经过太阳和风的消融，细部特征很快消失）。人造的跟踪垫(Sharma 2003)被使用，但是劳动强度大以及必须细心地有策略地放置。除非它们和周围的环境天衣无缝，要不然许多个体可能避免踩到它们，导致错误的数量估计。

痕迹数量的变化可能与不同的土地使用方式或由于季节性的可获得的猎物的转移和数量变化、栖息地或每年的生育力有关。人类的存在可以影响一个特定区域雪豹的调查方式。因此，要留意这些因素并寻找调查区域相关的环境、生态的和行为的信息，尤其是对特定掠食者和被掠食者种群的威胁。依照Salafsky和Margolius(1999)的描述方法构建一

个“威胁矩阵”是个不错的练习。

最后，为了调查的可靠性、可复制性和连贯性，标准的非主观的方法论必须为所有的调查参与人员积极地追求和采用。一个明智的辅助策略将用来调查关键被掠食物种像岩羊或野生山羊的相对数量，作为一种估定大概的食肉动物种群大小的次要的方法。

读者可以查阅到Wilson和Delahay(2001)的一篇对通过野外痕迹和观察来估计食肉动物数量的方法的评论文章。对于雪豹痕迹的识别和调查的信息，可参见国际雪豹基金会出版的《雪豹调查和保护手册》（*Snow Leopard Survey and Conservation Handbook*）(Jackson和Hunter,1996)，以及在蒙古应用该方法基础上编写的《学到的教训》（Lessons Learned）手册。

3.4 估计绝对多度

绝对多度的估计依赖于利用一种不偏不倚的野外取样和分析的技术去***发觉和区别***一个个体与其他个体的能力。精确的种群估计通常有三种方法：第一，对带有无线电项圈个体的捕获和使用仪器（作记号）。此法花费最高，工作强度大并且耗时。

第二，通过DNA基因测定来识别个体(Foran等1998a和1998b)。第三种方法包括使用远程自动拍摄照相机获得印有日期的照片：点状或斑纹图案被用来估计塞伦盖蒂（Serengeti）的印度豹(*Acinoyx jubatus*) (Kelly，2001)、印度和南亚地区的老虎(Karanth 1995, O’Brien等，2003)、以及中美洲的美洲虎 (Maffei等，2004; Silver等2004)的数量、（[1]相关信息在www.snowleopardconservancy.org/handbook.htm上的三个PDF文件中可以获得）美国的美洲野猫(*Lynx rufus)*（Heilbrun等2003）和南非的野狗(*Lycaon pictus*)的数量依赖于通过研究人员或普通群众获得的自然状态下的照片(Maddock和Mills 1994)。Miththapala等(1989)认为根据雪豹的须点状图案和身体上的斑点来识别斯里兰卡的雪豹则要容易些(Henschel和Ray 2003)。

采用非侵入式取样技术像集毛器以及粪便收集的DNA基因鉴定被用于估计种群数量，例如美洲狮(*Puma concolor)* (Ernest等2000)、棕熊(*Ursus arctos)* (Mowat和Strobeck， 2000)、北美大草原的小狼(*Canis latrans)* (Kohn等2001)、狡猾的狐狸(*Vulpes velox)* (Harrison等2002)。 这种技术也应用于雪豹，目前的工作是针对评定种群的遗传变异性和决定基因测定最好的标记和方案。对非侵入式基因测定的最初兴奋已经略有减轻，因为更多的错误被识别，包括违反了种群闭合假设和错误的等位基因（(例如 Taberlet 等 1999, Boulanger 和 McLellan 2001, Mills等2000,Lorenzini等2004)。因此，一些研究人员推荐结合不同的方法，包括远程自动拍摄、无线电遥测和DNA基因测定(Boulanger 等2002)，但这明显地要提高成本和必需的技能水平。

Smallwood和Fitzhugh(1993)开发了一种通过足迹来‘识别’个体美洲狮(*Puma concolor*)的技术，这一技术被Grigione等(1999)和Lewison等(2001)所检验并被进一步修正。在吸取了Kalahari Bushmen相当多的跟踪技巧基础上，

Stander(1997)能够依靠足迹的外观（大小和形状）估计高可信度的普通豹数量。他利用无线电遥测调查足迹频率和真实密度之间的关系，结论是当个体在它们的足迹特征基础上能够被可靠识别时，通过计算足迹的间接取样能够为种群参数提供可重复的、代价不高的方法(Stander 1998)。然而，大多数足迹计算的研究仅能提供粗糙的衡量结果(例如,Smallwood和Fitzhugh 1995; Van Sickle等1992)。

Riordan (1998)报道了在某动物园使用统计技术（主要的成分分析、自发组织绘制地图或SOM、和其它不监督的贝叶斯定理的分类法）区分不同个体老虎和雪豹已被承认。Sharma等(2002和仍在评审中)使用包括9个足迹长度和宽度的变量的判别函数分析（Discriminant Function Analysis，DFA）来区分野外个别的老虎和它们的性别。我们和该研究人员合作，在可行性研究中来评定是否雪中新鲜的足迹能被用作雪豹个体的识别、性别的辨别和年龄段的估计，这项工作的结果预计在2005年底或2006年初出来。

目前广泛用于个体识别的方法仍然是远程照相机的使用。一个重要的值得考虑的问题是它们购买和放置花费相对较高，即使像CamTrakker ™和TrailMaster ™这样大众的样式。一些研究人员已经自主开发了低成本的或自制的照相机(例如，Joslin 1988, Jones和Raphael 1993, York等2001)，但可靠性常变成了关注的因素。尽管代价较高，远程自动照相机正更多地被用于监测食肉动物种群(Henschel和Ray 2003、Harrison 等2002、Moruzzi等2002、Trolle和Kery 2003、Silver等2004)。

对于一个严密的计数除了必需的装备和工具之外还有许多因素要考虑。如Karanth 等(2003)指出，获得掠食者和被掠食者种群的绝对密度数据需要大量的工作，只有在那些资源充足和拥有一个严密并在统计上合理取样框架下能系统地估计种群大小和密度的技术知识的少数优先地点才能如此。基于2002年和2004年在印度北部赫米斯高海拔国家公园的调查，这本手册提供了在中等或高密度地点使用自动拍摄照相机估计雪豹种群大小的流程。但我们决不否认需要更多研究去提炼方法，以及建立有效的取样策略。

最佳的雪豹栖息地是罕有人迹和家养牲畜痕迹的地方。（Langu山谷，尼泊尔）

3.5 哪种调查方法最合适

这其实取决于你的问题或者你正在寻求答案的问题、调查的特定目的、可利用的资金、设备以及能开展调查的训练有素的人员。表2总结了不同调查目的和他们所需努力的水平，表3则列出了每一种调查方法的主要优点和缺点。

表2：雪豹调查的例子和相关的方法（根据Henschel和Ray，2003改编）

主要的调查方法和目的	调查水平 简单 → 复杂			
	出没－未出没（非正式的） 在已知点寻找痕迹	**出没－未出没（正式的或系统的）** 系统的定点寻找痕迹	**相关数量** 标准的痕迹样线标记法 （如 SLIMS）	**绝对密度的估计(严密的调查)** 自动照相机拍摄/DNA 基因测定/无线电遥测
侦查一个限定的区域内雪豹的出没或未出没	×	×	×	×
绘制雪豹分布图和指整个地区范围的“热点”(例如县；省；国家)		×	×	
估计被雪豹占领的一个区域的比例		×	×	×
确定不同区域或一特定区域内随时间变化的雪豹数量			×	×（有足够个体&拍摄捕获率前提下的密度）
监控整个地区范围内空间分布的改变（例如，国家或县）		×	×	×
估计被捕食动物或栖息地的改变对雪豹的存在、相对多度或密度的影响			×	×
产生栖息地关系或空间地清楚的种群模型			×	×
估计一个相对小的限定区域内绝对的雪豹密度				×

表 3 不同调查层次的优点和缺点

特征	非正式的出没/未出没调查	系统的出没/未出没调查	相对多度调查	绝对密度估计

调查人员的技术水平	相当低（最不具技术性）	中等的	中等的	高或很高（要求受过高度训练的生物学家）
专用设备	没有（可选择地图）	一些（GPS/地图）	一些（GPS/地图/指南针/计算机记录）	大量(远程照相机机，GPS，无线电项圈等)
观察持续的时间	短（以天计）	中等（以周计）	中等（以周计）	长（以月或年计）
后勤的复杂性	低	中等	中等	高
调查花费	最低	中等	中等	高
结果的精确水平	低	低-中等	适度地高	高

3.6 取样需要考虑的事项

雪豹生物学家会利用系统的出没/未出没、相对多度和绝对密度调查方法来监测雪豹在空间和时间上的情况，尽管从花费和工作量的角度看，自动相机拍摄仅应被用在国家公园、高价值的保护区或作为痕迹数量指数的校准。但无论是哪一种预期的调查目的，基于对根本概念和取样‘做’与‘不做’的全面理解，你系统地处理每一个任务是有必要的。通过监测绝对或相对数量，管理人员能更好的确定探测雪豹在空间出没和数量的改变，这样的话就能获得一个更好的对种群大小、栖息地条件和选择地使用参数三者间关系的评价。

动物很少随意分布在各种地形。相反的，它们用复杂的方式安排着自己的空间分布，这涉及到栖息地类型或条件、资源的数量和可用性、以及相同物种间复杂的社会关系(Williams等2002; Morrison等1992)。个体的空间分布可以被定义为特定时期限定范围内可识别雪豹个体的出没和间隔，并且需要知道随动物性别和居住情况变化的动物活动范围的大小（雄性雪豹通常比雌性雪豹占领的范围更大，固定居住的雪豹比暂住个体占据着更稳定的范围）(Sunquist和Sunquist 2002)。

从最一般的意义上讲，监测意味着利用一致的、基本没有误差的和***可比较***的收集数据的方法（我们的重点），重复估计特定时间限定范围内的一些数量和特征(Thompson等1998)。这样的监测可以被称作‘相同地点-相同方法-相同季节’的调查，并和那些在方法论和取样规则不可重复的调查中区别开来。评估无效假说（即可能发生在a时间和b时间之间的相对数量没有改变）提出了更重要的问题：如果一个重要的种群数量减少，那么有足够能力去探测它的调查的概率是多少(Kendall 等 1992, Beier 和 Cunningham 1996; Zielinski & Stauffer 1996)。正确地否定无效假说（并接受可供选择的办法）被认为是统计学的力量，在设计和计划基于数量的监测安排时必须优先考虑。

估计样本大小和方差是决定一个人探察随时间或两个可比区域间种群大小的真正改变的能力的最重要

的因素。如果取样单位的数量太少，和/或变化太极端，那么监测计划将“甚至不足以探察短期内种群的严重衰退” (Zielinksi & Kucera 1995:8)。为了研制一个取样方案来监测这样的变化，优先确定在变化的样本规模中探察到一个重要变化的概率是至关重要的。这就需要调查人员去选择一个充足样本规模来确保出现的任何更大的变化，或在可接受的概率程度和置信水平范围数量实际上是可发现的。由James Gibb开发的软件程序MONITOR可以被用来决定最合适的（或可完成的）样本大小，并探究一个监测计划的定量成分间的相互作用（可在nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/populations.html下载）。

可以通过像使用远程自动照相机每100张晚间成功捕捉到的照片中雪豹照片的数量这样一个指标来评定相对数量(Carbone等2001, O’Brien等2003)。但这意味着跨越时空持续捕获的概率，依照Jennelle等(2002)是个可能容易被推翻的假设。其他的问题包括红外线照相机的数量和成本或能否有受过训练的人员、以及假设决定的重要性的相关因素，因为研究以原始比率为基础的指数不应该显著地区别于需要获得捕捉概率、数量和密度的估计。正如Henschel和Ray(2003)所强调的，几乎没有理由不使用一个种群估计框架，除非存在这样的特殊环境，即以比率为基础的数量指标有用或被可利用的资源左右（例如，在调查人员需要设置照相机进行实验的一个新的调查区域，或在照相机数量不足以获得足够的“捕获率”和“再捕获率”、或是所有或多数捕获照片不足以实现个体识别的地区）。

开发一个合理的取样规则，既是一门科学也是一项艺术。我们建议你联系对当地雪豹和被捕食动物的分布和数量模式有一些（尽管有限）了解的当地居民，那样你能更有效地通过选择代表性地点来区分调查区域的优先次序（即避免只在最佳栖息地放置红外线自动照相机）。当地的牧人和猎人通常是十分有见识的信息提供者，尽管如此所有的询问仍需要谨慎地进行，令询问者保持中立，并从不同消息来源中寻找有效的因素。此外，正如Henschel 和Ray (2003)和实质上所有的社会科学家所指出的，“如果信息提供者感到他或她可以通过提供他们认为非常有价值的信息获得一些利益，那么就会容易误导答案。”换句话说，***你怎样问每一个问题***非常关键。

自动照相机拍摄方法和雪豹的识别

第四章：利用自动拍摄照相机估计雪豹种群大小

Karanth (1995)是第一个根据Otis等（1978)和Pollock等(1990) 关于“拍摄捕获-标记-再捕获”(CMR)动物研究中详述的利用统计的推论性的方法，采用远程自动照相机来进行CMR估计的野外研究员。我们也像其他生物学家一样，已经从Ullas Karanth和他的同事开创性的老虎研究中受益很大(Karanth 1995, Karanth & Nichols 1998;2002;Karanth等2004)。无论是详细记录性格孤僻的夜行物种，还是统计分布稀疏的像老虎、美洲虎、印度豹或虎猫这样的食肉动物，自动拍摄照相机正迅速地成为生物学家在高湿热森林(O’Brien等

2003; Silver等2004; Wegge等2004)或气候温和的栖息地(例如Swann等2004和York等2001)工作的一种常用工具。Henschel和Ray (2003)编写的关于调查和监测非洲雨林中豹的手册、Silver (2004)的关于美洲虎的手册，还有Karanth 和Nichols (2002)为对监测老虎感兴趣的研究人员、管理人员和保护人员编写了明确的指南。其他的文章注重比较相机的不同构造（比如Moruzzi等2002），为特殊物种开发了识别程序（比如美洲野猫，Heilbrun等2003; 印度豹, Kelly 2001），或开发价廉的照相机系统 (比如, Jones和Raphael 1993, York等2001)。

虽然这本手册详细描述了对于雪豹的自动照相机拍摄，但我们仍然鼓励读者参考其他文献，因为每一种自动照相机的拍摄研究，在不同程度上，是一项特殊任务，受许多因素像使用的照相机种类和目标物种、取样方法、环境条件、以及人类活动的影响。

在写这本手册的时候，在零度以下，高海拔喜玛拉雅环境条件下使用自动照相机拍摄仍然是新奇的，尽管Joslin(1988)在十多年前就描述了一个在寒冷气候条件下使用简单的照相机的案例。在Ladakh使用自动照相机拍摄的经验告诉我们，自动照相机拍摄对于调查一个限定区域里的种群数量、利用取样安排估计雪豹种群大小、以及校准在不同栖息地或条件下从标记样线获得的数据都有非常不俗的表现(Jackson等，文章在评审中)。除此之外红外线光的可靠性和高海拔相匹配，远程照相机必须能在温度为零摄氏度以下，日常温度波动经常超过70摄氏度的条件下很好地运作。

4.1 在安装自动照相机时需考虑的几个因素

承担自动照相机调查前有许多因素要考虑。例如，你应该在多大区域上设置自动照相机？这个目标雪豹种群的行踪是否被确定？还有你能否在允许的时间范围内获得足够的捕获/再捕获来进行种群估计？，结合雪豹的路径照相机机应该如何朝向？更重要的是，需要多少照相机才足以完成一项调查？你有其他必需的资源（受过训练的野外工作人员、后勤方面的支持、资金等等）用来进行这项调查和分析数据？

无疑地，你准备得越充分，那么成功的机会就越大。我们赞成 Scott Silver 的说法，他在他的关于自动照相机拍摄美洲虎的介绍性手册中写到(2004)，“对于自动照相机拍摄的试点研究的价值***不能夸大其辞***”（强调自己的）。试点研究能让你实现的目标包括：

1 确定最佳雪豹的行进路线并设计一个适当的取样策略；

2 确定如何拍摄照片（什么拍摄角度最佳？）；

3 评定可能成功拍摄的几率，其随地区和一年时间的变化而变化（进行种群估计的能力取决于精确估算捕获率）；

4 测验设备的灵敏性及可靠性，并能够熟练应用。

5 确认所选择的胶卷类型、速度及相机设置，这些都将为辨认个体雪豹提供足够细节的图片；

6 建立后勤服务以确保取样足够多的栖息地和保障所有自动照相机位置直到它们的胶卷和电池用尽；（所有自动照相机在整个调查中必须一直工作，来满

足研究设计中所有假设的情况，因此一个人的能力去监测所有位置可能是一个限制因素——这仅能通过一个试运行来验证）；

＃ 7 确保所有的野外工作人员在调查前受过充分的训练；

＃ 8 从当地政府寻求支持以减小偷窃或损害设备装置的潜在可能性。

4.2 对于自动照相机种群数量调查和估计基本的假设

运用闭合的 “拍摄捕获—标记—再捕获” 数量法估算需要在调查中满足如B图表中所显示的四项基

Box B: “拍摄捕获-标记-再捕获”假设

假设	解释	意义
1、调查期间内统计学的和地理学意义上的闭合种群	种群规模“N”应该是不变的（在取样时期内没有出生、死亡、移居入境或移居出境）	自动照相机拍摄必须在相对短的时间框架下进行以满足这个假设。我们建议在冬季几个月（例如非繁殖季节）期间一个取样时间是≤ 40-60天。如果可能，暂时居住现象应该被识别，以及闭合性应该被测试。
2、每一个取样时间间隔或场所内对所有个体有相等的“捕捉能力”	每个样本中所有个体应该有相同的、最好是持续的被拍摄概率	拍摄密度和工作量通过对比每一个雪豹的活动范围应该是可比较的。
3、每一个个体记号是独特和不变的	被取样个体必须能同其他个体严格区分开来	在调查区域每一个被拍摄到的个体必须能清楚地区别于其它个体
4、所有以前拍摄到的个体（即被标记的）必须区别于未被记录或未拍摄到的个体（即未被标记）	所有个体在它们身上一定有与众不同的玫瑰形图案、斑点或其它特征，靠它们来进行个体识别	皮毛图案不对称就需要身体两侧的照片（即每一个自动拍摄点应由两架照相装置组成来拍摄到雪豹的两侧，以在初次拍摄捕获时就能确定识别）

假设#1 （种群闭合）意思是取样时间间隔必须保持相对短，尽管拍摄结果能被检查以确定是否闭合假设有可能被违反。

假设#2（同等的拍摄捕获可能性）是很难实现的。事实上，一些个体比其它个体更可能被拍摄到，这就导致了拍摄的异质性，即拍摄捕获率可能随着年龄、性别、社会主导地位、拍摄地点和/或拍摄方法而改变。例如，分散的年幼雪豹比常住成年雪豹活动范围可能更广，或不那么讨厌拜访自动照相机拍摄点。雄性雪豹比通常更机警的雌性雪豹更容易被拍到。一次旦被拍到，一些雪豹可能不愿意被再次拍摄到，因此影响到以后的取样。同时巧妙放置在个体活动范围内的照相机比那些放置在个体活动范围外沿的照相机更多可能被拜访。除了与性别和与年龄相关的反应外，基于诱饵的新奇度和首选天然食物的可得性，诱饵的变化对吸引目标动物暂时有效。

假设#3 （特殊斑纹）和**#4**（准确地识别个体）被最佳表述为在每一个拍摄点相对方向放置两个照相机以拍摄到目标动物的两侧，并利用严格的识别标准。最好的识别记号是天然的而不是通常随着时间而丢失的人为的或暂时的记号。4.7部分为识别雪豹提供了指导。

本假设（Otis等1978）。

有关这些假设的更多信息，我们建议读者可以参考由Karanth和Nichols(2002)编写的手册、Nichols在〈生物科学〉（*BioScience*）(1992)中的精彩总结、或由Otis等(1978)和White等(1982)所写的更具技术性的专论。

4.3 被推荐的取样设计和工作

对当地雪豹迁徙及标记行为的了解是有效完成自动照相机拍摄设计最基本的。雄性和雌性个体集中地标记，在显著的地方留下痕迹如檫痕、粪便、尿及带有它们气味的石头（石头气味），这些地方也是同种动物遇到它们机率最高的地方（Ahlborn & Jackson 1988)。Jackson(1996)报告称，雪豹很喜欢沿着地势的边缘行走，特别是悬崖的底部或顶部、狭窄的峡谷地带、明显的山脊（特别是如刀边缘般的山脊）。痕迹的能见性和标记的集中程度看上去取决于地形的类型和出没雪豹的数量。例如抓痕很难在开阔的地方发现，这些地方雪豹的路线不是沿着通道或走廊形成漏斗形状。抓痕在明显的或狭窄的行走通道最容易被发现(例如,沿着很陡峭的山脊或狭窄山谷底部的边缘)。各种不同类型的痕迹的能见性和寿命的长短也不一样，但大体上抓痕和粪便比足迹更能经得住风化：倘若能获得关于抓痕年纪的信息，比起足迹，它被认为是雪豹造访的更佳标志。

做标记被认为有助于在时间和空间上区分长期居住和短暂居住的雪豹，并且允许个体间很高程度的互相覆盖，特别是在食物丰富的地方（Ahlborn & Jackson 1989) 。这些研究人员表明：核心使用使用区域比非核心区域或不那么密集使用的雪豹活动区会有更多的标记。尽管人们对影响雪豹活动范围大小、形状或土地使用形式的了解很少(Jackson 1996)，但似乎在一年中不同的雪豹会造访同样的地方、共享并留下具联络性的标记。雄性雪豹在雌性雪豹短暂的发情期（一月到三月或四月初）内会增加它们的标记频率。我们相信这样的标记帮助不同的个体之间维持土地使用方式，同时就被掠食动物和其他资源而言，也留出了理想的空间（Sunquist 和 Sunquist，2002)。

尽管雪豹使用很确定的行进路线，但是这些栖息地非常崎岖和缺少互通的路网，使得人们很难到达。因此，也许不可能：

1、 在很高的海拔或远离人行路线的地方安装照相机，尽管这些地区通常是很少被打扰的栖息地或照相机最不可能被盗的地方；

2 、大面积地区取样对获得统计上有效的样本是必不可少的（除非在取样的时候或一段时间内有大量的照相机或能够有效地重新放置他们）；

3、在不中断拍摄连续性的情况下，定期把自动照相机从一地移至另一地。

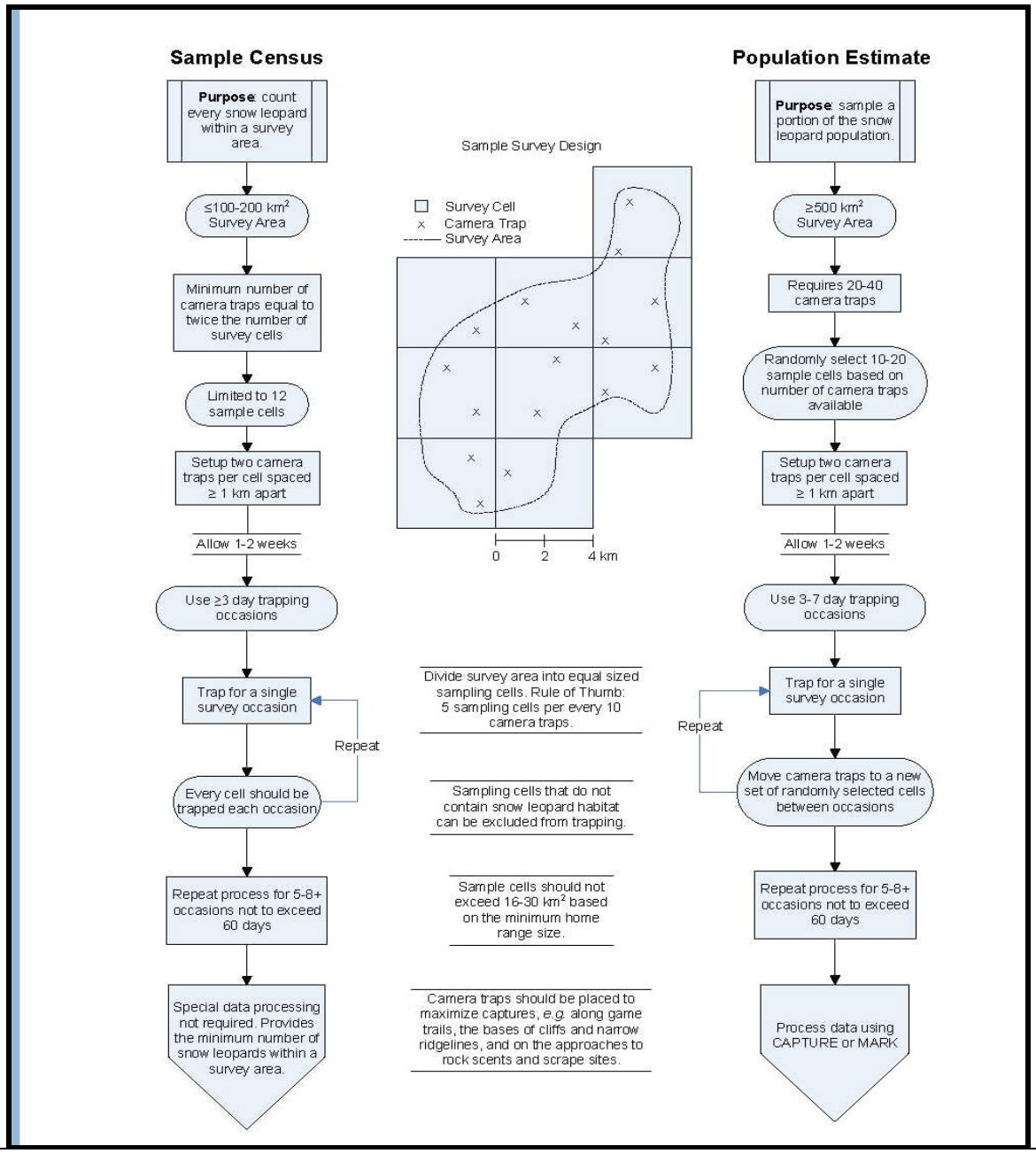
这些限制就使得更难表述种群闭合的基本假设和相应的捕获概率。虽然没有必要在调查区域拍摄每只雪豹，除非采取的是数量普查策略，但每一个体的出现必须有***被拍摄在照片上的一定的机会***（例如，调查期间不能出现一只雪豹四处溜达却未被探察到这样的漏洞）（Karanth & Nichols 2002)。最好和最保守的方法是，在每一个相当于最小的成年雌性雪豹活动范围的栖息地区域至少有一个红外线自动照相机。雪豹

作为一个以社区为基础的和雪豹保护协会合作项目的一部分，来自昆列拉布乡村组织（Khunjerab Village Organization KVO）的村民正在安装一个被动的红外线照相机，用于记录和监测昆列拉布国家公园缓冲地带里的雪豹。这个保护区包括了重要的雪豹栖息地，庇护着巴基斯坦濒临灭绝的马可波罗绵羊的唯一种群，并毗邻中国新疆的塔什库尔干自然保护区。该项目是为乡村雪豹保护者提供有关雪豹和有蹄类动物的调查和监测技术的培训。（摄影：*Andrew Chinn*）

的活动范围大小有很大的变化，从在主要栖息地不足12-35平方公里（Jackson和Ahlborn，1989)到边缘为400平方公里大小、被捕食动物稀少的栖息地(McCarthy 2000)。因此在高质量的栖息地，我们认为适宜的拍摄距离是每16-30平方公里大约两个拍摄点，估计相当于一个成年雌性雪豹的最小活动范围（注意每个拍摄点应该包括至少一个红外线监视器和两个照相机，以此来拍摄雪豹的两侧）。

概述取样普查（即你试图计算在你的调查区域内出现的所有个体）和种群估计（即在调查区域内取样种群大小，并利用CAPTURE程序推导具体数据）之间的差别的流程图见图2。参见Box C（下一页）对每一步的详细解释。我们使用取样普查术语是基于这样一个假设，即在给定调查区域内不是每个动物都会被拍摄到，特别是沿着调查区域的边界，这些地方仅是可能会出现在调查区域内的活动范围的一小部分。因这本手册起见，自动拍摄照相机设备由一个红外线监视器（触发机制)和两架照相机组成，不论是连接两架照相机的TrailMaster 1550主动式红外监视器还是设置在同一地点的两个单独的CamTrakker(或DeerCam)装备。拍摄点就是自动拍摄照相机安装的地方。每一个取样单元都应至少包含两个拍摄点。我们定义“调查区域”为相邻的栖息地区，它们的边界线是根据自然地貌特征为划分的，例如分水岭、大河或者山脉。

图2流程图描述了进行一个取样种群估计程序的步骤，和一个理论上的调查设计图。参见BOX C 对每一步的详细解释。



左边一行按照箭头自上而下的顺序，意思为取样普查包括1）目的：在调查区域内记数每一只雪豹；2）调查区域的面积为100-200平方公里；3）照相机的最少数量为调查单元数量的两倍；4）限制在12个调查单元；5）在每个调查单元内架设2架照相机，间隔≥1公里；6）1-2周的时间；7）使用≥3天的拍摄记录；8）采用自动拍摄进行单次调查；9）每个单元格必须进行1次拍摄，8和9步骤重复；10）重复这一过程5-8+次，但不要超过60天；11）不要求特殊的数据处理。提供了一调查区域内最少雪豹的数量。

中间一行自上而下的顺序，意思为1）将调查区域划分为等份的样本单元。切记：每10架拍摄装备划分5个样本单元；2）不包括雪豹栖息地的样本单元可以从拍摄调查中排除；3）基于最小领地范围，样本单元不应该超过16-30平方公里。4）拍摄装备的放置要能拍到最多的照片，例如沿着雪豹踪迹、悬崖的底部和狭窄的山脊、以及朝向做标记的石头和抓痕地点。

右边一行按照箭头自上而下的顺序，意思为种群估计包括1）目的：对部分雪豹取样；2）≥500平方公里的调查区域；3）要求设置20-40个拍摄点；4）根据拍摄装备的数量随意选择10-20个样本单元；5）在每个调查单元内架设2个拍摄点，间隔≥1公里；6）1-2周的时间；7）使用3-7天的拍摄记录；8）采用自动拍摄进行单次调查；9）在取样期间把拍摄点移至随意选择的另一个单元内。8和9步骤重复；10）重复这一过程5-8+次，但不要超过60天；11）用CAPTURE或MARK软件对数据进行处理。

□ 调查单元；x 拍摄点； • • • 调查区域

Box C: 调查设计需考虑的事项和建议	
因素	**设计建议**
调查区域里所有的个体应该有平等的和至少“不可忽略”的被拍摄到的概率，例如在调查中在一个或更多的拍摄点进行拍摄	研究设计应该确保调查区域内***没有漏洞***，像是个体在它的活动范围内自由活动却有没被拍到的可能性。 每一个调查单元里，自动拍摄照相机应该被策略地放置在最可能成功拍摄的地方，例如，接近抓痕位置和带有气味的石头、沿着猎物的踪迹、狭窄的脊线、以及河谷汇合处和山口，等等。
调查的时机和持续时间	自动拍摄照相机追踪调查最好在雪豹的交配季节（一月到三月或四月初）进行，这时群居标记最多并且雄性和雌性雪豹积极地彼此寻找（可能更集中或广泛地移动）。 自动拍摄照相机追踪应进行总共40-60个连续工作日。一个超过60个连续工作日的调查时期可能导致闭合假设失效。
安装的工作	在喜玛拉雅，通常需要10-15天来安装和4-6天来移走它们。 刚开始安装限于每天2-3个拍摄点，在远离营地的区域可能每天只有一个。 计划平均用两个小时来安装每一个自动照相机拍摄点。
拍摄到的概率和取样地点的调整	拍摄概率必须≥ 0.10。对≥ 5个地点的值为0.20更佳(Otis等，1978)。如果有可能我们建议> 0.30。 令取样点数目最大化（即在40-60天的调查期期间目标为5个或更多的地点） 每一个取样地点**数量估计**需要3-5天或**取样普查**需要4-7天以获得最大的拍摄概率。 在整个调查期间内的拍摄工作量方面，确保调查单元是可比较的
被取样地区的大小	程序CAPTURE对个体≥ 15-20的种群效果最佳，它不可能满足大多数情况，因为在偏僻的、高海拔环境和低食肉动物密度地区后勤的限制和资源的局限性。 高密度区域需要一个100-200平方公里的最小的调查区域。 低密度区域需要一个500-700平方公里的最小的调查区域。
研究设计	调查区域的大小应该由后勤的限制、资金和装备资源、工作人员的可用性、雪豹密度等决定。 确定是否将开展一个取样普查或数量估计。 深入到适宜的和不适宜的雪豹栖息地去描述调查区域。好的栖息地是破碎的、多岩石的地形，边缘生境是起伏小的、表面光滑的缺少隐蔽的地形。

	不要调查不适宜的栖息地，如果它基本没有可能被雪豹利用。 把调查区域划分为相等大小的不大于比一只成年雌性雪豹的最小活动范围的取样单元（16-30平方公里）。
照相机拍摄点的分布 **注意-在整个调查中雪豹分布不可能是同一的*	每一个调查单元应有两个间隔至少一公里的拍摄点。在一些情况下一个调查单元的大部分包括不适宜的雪豹栖息地，并且不可能按照最小间隔1公里来设置两个拍摄点，那么就使用一个拍摄点。
照相机的数量	你绝不可能有足够的！即使20架自动照相机也仅够一个250平方公里的区域同时被有效地取样。否则照相机必须定期地被移动或取样时期不得不延长到要冒着闭合假设被违反的风险。 经验之法：每100平方公里调查区域内安装6个自动照相装置。 自动拍摄照相机需要的最小数量是6个。每一个自动拍摄照相机装备由一个红外传感器和两架照相机同时拍摄雪豹的每一边。实例：一个TrailMaster 1550主动式红外监测器附有两个照相机，使用一个Multi照相机触发器II（Multi Camera Trigger II），或两个独立的CamTrakker测距仪或DeerCams。注意CamTrakker和DeerCams是单独的装备并在每一个拍摄点需要两套完整的设备共同完成。一个TrailMaster能通过使用Multi Camera Trigger II连接无数的照相机。

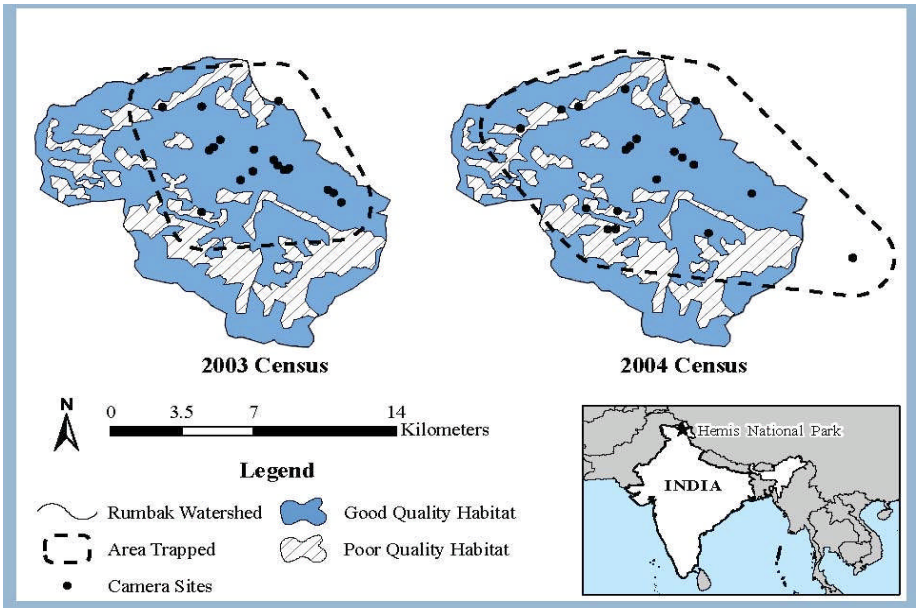


图3：2003年和2004年在Hemis国家公园使用自动照相机来进行普查研究的调查区域分布图

附图标说明：Rumback Wetland 伦巴克湿地；Good Quality Habitat 优质的栖息地；Bad Quality Habitat 劣质的栖息地；Area Trapped 被拍摄的区域； Camera Sites 照相机布设地

图3显示了在赫米斯高海拔国家公园研究的分布图。事实上一些部分的取样比其他部分好，因为更有利的地形和通道。关键是我们花时间去识别核心标记重叠区域，并保证这些地带切实符合假设，即所有个体（至少成年群体）会在整个调查期间于此时或彼时拜访这些地点——也就是在交配季节期间。我们的数据显示拜访次数最多的是居统治地位的常住雄性和雌性雪豹，每个个体标记的重叠区域也有变化——同无线电遥测一致的一个发现(Jackson 和Ahlborn 1989;Jackson 1996)。

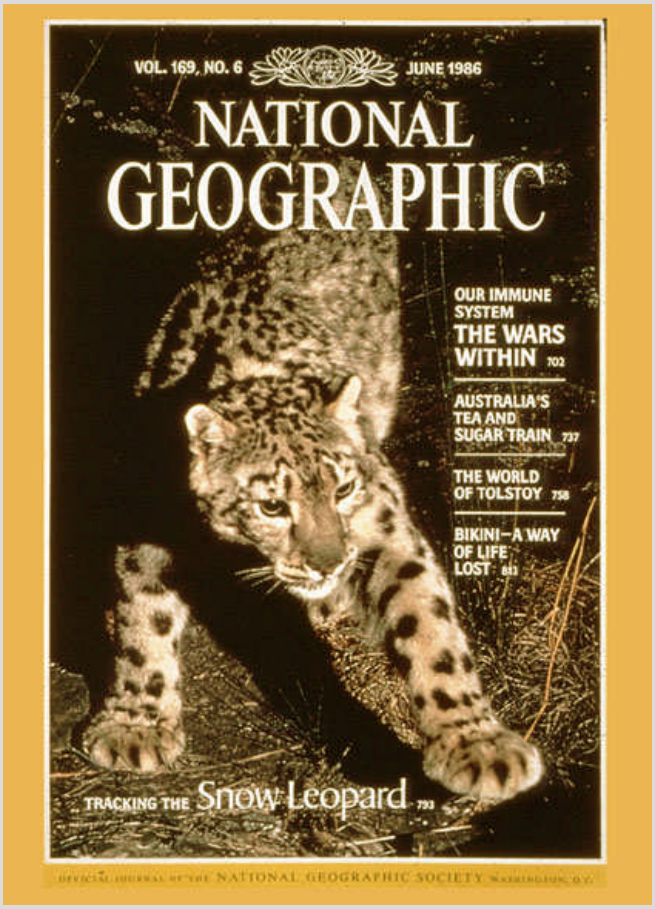
4.4 自动拍摄照相机调查的时间选择

依我们的经验，自动拍摄照相机调查最好在晚冬或降雪最高峰后的早春，也要在一月下旬到三月或四月初雪豹交配期间即进行。在这段时间:（1）雪豹通常呆在海拔较低的地方；（2）牲畜和牧人对雪豹的打扰最小；（3）有增强的标记行为和大雪的保护有助于确定它们的路径和/或核心利用区域。但是我们又再次强调调查前的侦察将极大提高确定最适合的拍摄地点的成功率，有助于弄清如何到达拍摄点和建立后勤补给，并提前决定所需的照相机数量以便取样足够大的地区获得种群数量的估计。

4.5 传感器和照相机的选择

一个对雪豹的自动拍摄照相机调查要求设备能在周围温度底和高海拔（海拔变化范围在 2,000 - 5,500 米）北纬(北纬 28° 到大于 50°)红外线光强的条件下可靠地运转。低温会大大减少电池的寿命，尽管潮湿和湿气相对于湿热来说几乎就不是一个问题了。远程照相机通过压力踏板（由经过的动物的重量来触发）或者红外线传感器被触发。当动物或其他物体打断一束红外光束时，主动式红外线照相机即拍下一张照片。红外光束是人们用肉眼无法看到的。当带有与四周温度不同的温度移动的动物（或物体）穿过相机侦察的范围时，被动式红外线系统被触发。

我们使用被动式和主动式红外线传感器进行实验，包括一架低价位的国产（美国）相机和一架昂贵的数码摄像机。我们配置最广泛的是由TrailMaster



由远程触发的自动拍摄照相机拍摄到的第一张雪豹照片被选作《国家地理》1986年6月号的封面

1500™ 和 1550 主动式红外线跟踪监测器(Goodson and Associates, Inc.，地址是：10614 Widmer, Lenexa, Kansas 66215,USA)组成的市场上可获得的35毫米系统，另外还有两个被动式触发装置，CamTrakker ™原版和数码型(CamTrak South, Inc.，地址是：1050 Industrial Drive, Watkinsville, Georgia 30677, USA)和DeerCam 200™ (Non-Typical, Inc.，地址是：860 Park Lane, Park Falls, Wisconsin 54552, USA)。见表14（第6章）关于这个实验对照相机的比较。

我们发现TrailMaster 1550 是在喜玛拉雅冬天的严峻条件下最可靠的系统，尽管它相对价格较高。电池持续使用超过 4 个月，即使在夜间温度通常降到零下 12 摄氏度的冬天。通过比较，在 CamTrakker Original 相机中同样的电池(Duracell™ Coppertop alkaline C 1.5 volts，中文名是“劲量”铜头碱性电池 C 1.5 伏)只持续 14 天或更少。我们发现在逐一比较中有至少 6 例：一只雪豹经过自动照相机装置时并没有触发被动式红外线传感器，但却被主动式红外线传感器拍摄到。我们把这归因于电池或传感器不工作的缘故。我们尚未对DeerCam™ 进行在寒冷气候条件下的测试，然而此设备的闪光明显比其他两款照相机弱很多，而且这款依赖于和 CamTrakker 类似的传感机制。

在我们的实验中，相机探察表现与Swann等(2004)所报道的类似。雪豹又长又厚的皮毛在冬天严寒的几个月期间是很好的绝缘层，这也许可以解释热量和运动探测器偶尔失败的原因，特别是当雪豹快步经过自动拍摄照相机时。否则，我们所设置的照相机就能够在白天和夜晚都能有效探察雪豹。

我们发现，如果在日常温度波动期间背景石头变热或变冷、或出现风吹草动的时候CamTrakkers有被误触发的趋向。TrailMaster装备中的主动式红外线系统对清早或傍晚被雪反射下的光线十分敏感，即使接受器方向朝北。在下大雪或大雨期间，如果水滴或雪花恰巧切断传送的脉波或聚集在传送器或接收器的前面，主动式红外传感器比被动式传感器更容易被触发。

压力踏板是代替红外线传感器的一种选择。一资深作者在密集的无线电信号追踪雪豹的研究中使用压力踏板(Tapeswitch™ ControlMat 感应移动的踏板，地址：Tapeswitch Corp., 100 Schmitt Boulevard Farmingdale, NY 11735,USA)为《国家地理》杂志获得了首批的野生雪豹照片(Jackson 和 Hillard 1986)。他发现压力踏板在零下温度和大雪期间是不可靠的，因为雪会在白天融化然后在夜晚冻结，踏板能够承受所经过的雪豹的重量，却不接通内部电路并触发照相机。

Joslin （1998）、Jones和Raphael（1993）描述了自制价格低廉的设备，该设备通过诱饵吸引动物，与诱饵相连的绳子则触发照相机。York等(2001)则介绍了由压力踏板操控的价格低廉的电子照相机，该踏板与80年代获得首批雪豹远程照片中使用的类似。使用同样的照相机，我们制造和测试了一个主动式红外线触发器，但却被证明在野外测试中不可靠（参照附录4）。然而如果升级用更好质量的零件，可能不失为一种选择。但由于所需的制造时间和工作量的缘

故，它是不可能划算的。

雪豹小常识

在其居住地濒临危险

成年雪豹站立时至肩高60厘米，从鼻子到尾巴根部长为100-130厘米，又长又粗的尾巴几乎和身体差不多长。野生雪豹标准体重在25-45公斤之间。

它们孑然独行，除了在一月到三月或四月短暂的交配季节，或当雌性雪豹带着尚未独立的孩子的时候。它们高亢的、几乎和人声很像的吼声，在交配季节期间能穿透寂静的山谷。

在中亚“世界屋脊”的山脉地区发现了雪豹出没。雪豹历史上和现今的分布范围以及种群数量鲜有记载。在其分布的12个国家几乎都高度重视关于雪豹情况的调查，以保护这种神秘的猫科动物。摄影：Steve Flaherty，2003 *Leopards*

我们已经试用过两个远程数码照相机(CamTrakker Digital ™, 2001年制造, 以及Stealth Cam DIGRC-XTR™, 地址：Stealth Cam, LLC, P.O. Box 211662,Bedford, TX 76095, USA)，但是这些设备不仅需要频繁更换电池外，而且对于拍摄野外雪豹来讲速度太慢了。不过我们期望，野外生物学家在未来几年里可用到价格合理的、快速触发的和寿命长的远程数码照相机。

4.6 安装远程自动拍摄照相机的指南

4.6.1 拍摄地点的选择

确定了调查区域和调查单元（见4.5）后，下一步就是造访为调查所选择的单元，以便在最佳地点放置自动拍摄照相机设备。如前所述，自动拍摄照相机最好安放在沿着山脊或山谷底部沿着擦痕地点的途径、或被频繁使用的石头留气味处、以及雪豹运动受限制的地点，象大石头、悬崖、植被或其他自然地物。

为了避免出现传感器探测盲区，需要选择地面相对平坦的拍摄地。我们发觉最富有成果的架设位置是沿着狭长的山脊边缘或是靠近悬崖底部的排水沟或是巨石表面，以及靠近溪流或者河谷交汇处的地点或是小径交叉点，如果这些地点正好位于常用的核心区域则更佳。清理架设点位置周围的植被以及其他任何可能干扰或者触发摄像机的自然物。

当照像机架设在通往（3-5米）附有定期使用的石头气味处或擦痕位置的路径上，我们获得了关于雪豹身体位置最具连贯性的照片。雪豹通常都会花一些时间留下自己的气味记号，或是探查其他雪豹留下的记号。尽管通过设置在石头留有气味处或擦痕位置的自动拍摄照相机可以拍摄到某一只雪豹的多幅照片，但照片上雪豹身体姿势是变化不同的，这会令雪豹的个体识别很困难。事实上，拍摄

点经常太小或太狭窄、陡峭或被其他障碍物阻碍以至在路径的任何一边放置照相机都不行——这就是我们为放置照相机采取了数种组合的一个原因。

一旦最佳地点被确定，则在地图上记录位置或用GPS定位，以便给出这个地点的地理位置（纬度与经度）并确定名字，以便日后查询。

4.6.2 传感器和照相机结合

投入足够的时间和关注使传感器和照相机的结合达到最优化的重要性无论怎么强调都不过分。

被动式红外线拍摄装备，如CamTrakker 和DeerCam，在同一个单一装置里面有照相机和传感器，朝向由光线方向、路径轮廓和期望的拍摄角度来决定。相反地，TrailMaster由独立的传感器和照相机组成，赋予了安装更大的灵活性。它可以由隐蔽或埋藏在地下面的电线连接多个照相机到相同的触发器上。然而，无论使用哪个系统，调整传感器朝向以防止太阳光干扰错误触发相机都是至关重要的。这可以通过让传感器面向北方或南方而不是东方或西方来完成。找一个邻近石头能遮阴的地方，在太阳辐射最有可能干扰红外传感器的清早和傍晚保护传感器。

同样要确保被动式红外传感器没有直接面向大的岩石或悬崖表面，这些地方会吸收热量并错误地触发照相机。用一块平坦的石板遮蔽传感器，当然要小心不能阻断红外光束。这也可以防止雪落在镜头或传感器上。

在雪豹最多的区域几乎或根本没有树。因此我们用当地收集的平的石头建造了看起来很自然的石堆，既保护和隐藏照相机也包括它们的传感器（图4）。我们建议把照相机和传送器或接收器固定在小三脚架上(UltraPod™, Pedco Products, 地址：Redmond, Washington 98073 USA，在TrailMaster佳能照相机的附件中包括)；除增加稳定性之外，更容易调整它们的角度或方向来更精确的拍摄取景和对准红外光束。请确保传感器不能被风或其它因素移动，因为这种移动会错误地触发系统而浪费胶卷。为了固定TrailMaster接收器，我们把接收器安装在一个4 x 6英寸大小的镀锌钢支架或托架上(Model HUC46-R, Simpson Strong-Tie™, Dublin, CA)，它能容纳照相机的线路使整个装备牢固地安放在一个平面上。可以用细绳或小的弹簧绳加固结构里面的每一个部分。小心放置的石头或其它巧妙放置的障碍物能防止雪堆积在传感器前面，并能帮

图4：典型的自动拍摄照相机拍摄点（如红圈指示的TrailMaster传感器隐藏在左边的石头堆里）。一只雪豹正沿着一条清晰的行进道路接近石头气味处。

助设计出使雪豹经过照相机的行走路径。最后，石头堆有助于保护照相机、传感器和胶卷，避免由于直接太阳暴晒引起的过热。主动式红外传感器应该放置在距离地面35-45厘米处（即通常的雪豹胸的高度），在预计的雪豹行走路径上能阻断红外光束的位置处开始测算。也应将传感器不错地隐藏在看起来很自然的石头堆里（图4和5）。

在我们连续两年的种群数量普查中，我们配置了11-18 个TrailMaster 1550监测器，每一个都带有35毫米Canon™ SureShot A-1型照相机，安放在离红外光束2-3米的位置，由TrailMaster Multi-Camera Trigger II同步激活。因为这种开关在瞬间同时激活每一个照相机或分别激活，每架照相机可以面对面放置而不受彼此闪光的影响。在2003年，我们为了获得面部

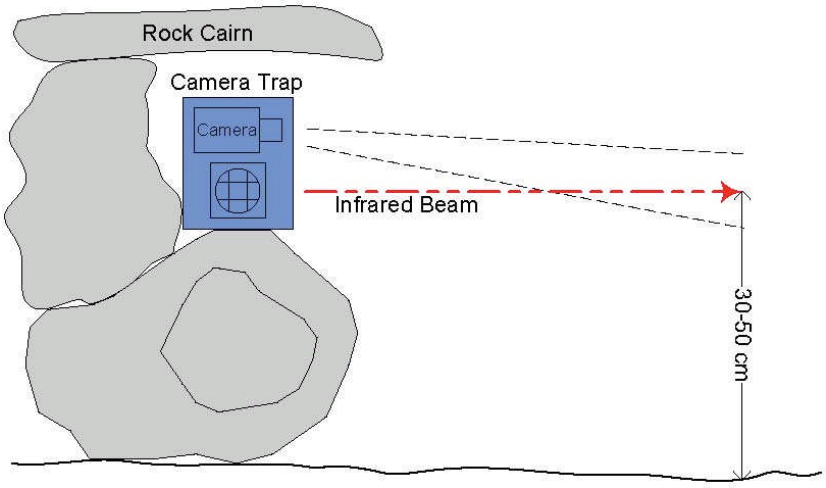


图5：石头堆能适当地抬高、调整和保护自动拍摄照相机的示例，例如，一个TrailMaster，CamTrakker或DeerCam。一块平坦的石头或其他结构的物体应该被放在传感器或照相机的顶部位置以保护设备遭受阳光、雨和雪的破坏。红外光束应该横断在行进路线上高30-50厘米的地方，也就是相当于雪豹胸膛的高度。

中文图解说明：Rock Cairn 圆锥形石头堆；Camera Trap 自动拍摄照相机设备；Camera 照相机；Infrared Beam 红外光束

图6A和6B显示了关于行进道路上两种照相机和传感器的定位，这个例子中使用的是TrailMaster自动拍摄照相机装备。照相机应该放在距离预计行走路径不近于2米处的位置：距离在3米远的地方最适合我们的情况。但雪豹沿着比这些地方窄的山脊或悬崖线行走，这种情况下照相机可以排列在同一边(图6B)。

特写的照片以快速辨识雪豹，就把照相机沿着预计的雪豹行进路线一字排开(Blomqvist 和Nystrom 1980)。在2004年，我们把照相机定位在沿着预期的行进路线上45° 或 90°的地方，以同时拍摄雪豹身体的两侧。我们发现，特定拍摄点的条件和障碍物包括不平坦的地面、岩石、大石头或灌木丛决定了照相机的放置地点。

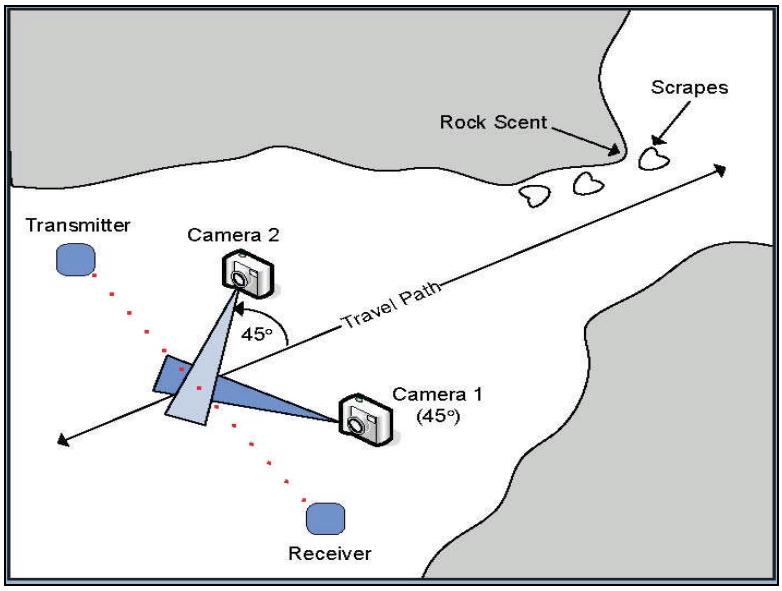


图6A：首要的线自动拍摄照相机安装是配有两个35毫米照相机的TrailMaster 1550，能够在倾斜的角度拍摄到雪豹的两侧以看见不对称的皮毛图案。自动拍摄照相机装置应该放在离石头气味、刮痕地点等大约2-3米的地方，并沿着一条行进路线来确保连贯的目标朝向。传送器和接收器应该适当偏离路径并用石头、植被等隐藏起来。照相机应放置在同预期行进路线成45度的夹角位置，并距离路径起始点2-3米处，以及红外线光束能恰当地取景并拍摄到整个雪豹。

注意：图不是比例图

中文图解说明：Transmitter 传送器；Receiver 接收器；Camera 1 照相机1；Camera 2 照相机2；Travel Path 行进通道；Rock Scent 石头气味处；Scrapes 抓痕

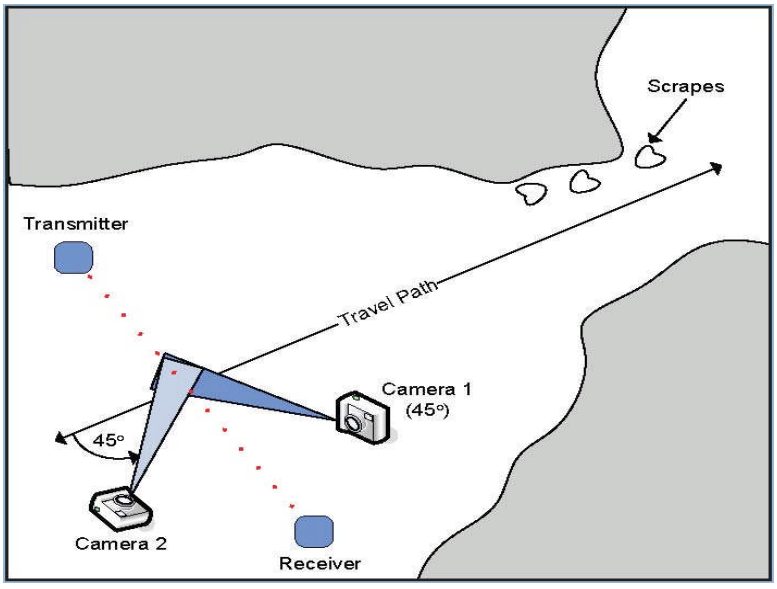


图6B：第二种自动拍摄照相机安装是配有两个35毫米照相机的TrailMaster 1550，应该在当拍摄点条件不允许首要安装法时才能采用。这种安装无法拍摄到不对称的皮毛图案，但可以拍摄到前肢、侧腹和尾巴的脊表面的同步照片。自动拍摄照相机装备的放置应该保持图6A所示的最小距离。

注意：图不是比例图

照相机安装好之后，试验人走过自动拍摄照相机时看是否触发传感器。首先，人缓慢的移动来确定传感器第一次探测到人的位置（根据闪烁的LED指示灯），因而你能决定每架照相机的探测区域的起始点和终止点。然后站立不动（你身体在此锥形区域之外）并只能移动你的手，确定地面上线和下线的探测高度。调整传感器高度和角度直到它的光束居中沿着路径并在一只雪豹胸的高度(35-45 cm)。我们用一个*P*值为5的传感器，要求光束的阻断间隔在a 1/4秒来记录一个结果并触发照相机。然而，一个更高的*P*值为8-15的传感器在容易遭受错误触发的区域内可能效果更好。*P*值代表TrailMaster传感器的灵敏度，值的范围在1到30之间（1= 0.05 秒 和 30 = 1.5 秒）。

下一步，设置拍摄每张照片间的时间间隔。这依赖于是否非目标物种像家养的绵羊或山羊出现，因为它们经过传感器会快速消耗胶卷，包括36张一卷的胶卷。如果会出现成群的家畜，我们把每张照片之间的拍摄间隔设置为3-5分钟或更长。如果你使用的是TrailMaster或其它允许设置拍摄每张照片的时间段的装置，那么设置照相机从下午或傍晚直到清晨时间段工作（或一个相当于你期望牲畜不会在照相机装置附近活动的时间段）。如果可能，把所有照相机设置在相同时间间隔期间运行，否则你将不得不浏览所有数据并清除不符合相同时间内所有在工作状态下照相机拍摄到的照片。只要有可能，我们鼓励使用20秒拍摄间隔，因为照相机就有了足够的时间重新闪光，在每次有雪豹经过时可以拍摄到不止一张照片。照片越多，通常就容易识别造访的雪豹。我们关闭照相机的“红眼”闪光功能以最大程度降低干扰并避免在照片没有被拍摄之前惊扰了动物。

见附录1详细的TrailMaster和Camtrakker的设置程序。

4.6.3 清除植被

当恰当地安装好照相机和传感器以后，移走或砍掉所有可能妨碍“探测区”的植被和地物。确保恰当地取景图象并完全没有障碍物。在取景图象时，注意要包括雪豹的全身而不只是它的的头或肩。人们常常在取景图像时把中心定位在对象的头部而不是整个身体。清理和/或移开植被对最大程度降低错误触发相机至关重要。

4.6.4 胶卷和其他照相机设置

若雪豹快速经过自动拍摄装置照片则模糊，根据我们的经验，我们建议使用 ASA400 速度的胶卷。与黑白胶卷相比，彩色的滑片或印用胶卷例如 Fujicolor™，可提供最大量的信息。在 2003 年的野外工作中，我们比较了富士和柯达、以及彩色和黑白胶卷，感光速度分别为 100，200，400 和 800。我们发现 Fujicolor Superia X-TRA 400 在弱光条件、动态照相时的清晰度和颜色的分辨率方面是最可靠的。在 2004 年的野外工作中，我们在所有 35 毫米照相机上都使用了 Fujicolor400（富士彩色 400）的胶卷。

如果有可能的话，在调查中早点冲印照片可以修正取景差或缺少日期/时间的标记。在每个胶卷上贴有特殊的数字和拍摄日期的标签。把这些信息记录在一个关于自动拍摄照相机的数据表中（见表格 2，附录 2）。仔细的记录可以防止在数据分析期间的混淆是至关重要的。

确保每个照相机为每一张捕获的照片设置了精确日期和时间的标记，如果在同一个调查中照相机的配置不同，应该使用一致的格式。避免在美国式和英国式的日-月日期表达方法上出现混淆；大多数照相机可以设置或者是日和点钟，或是日/月/年顺序，但不允许两者都设置。

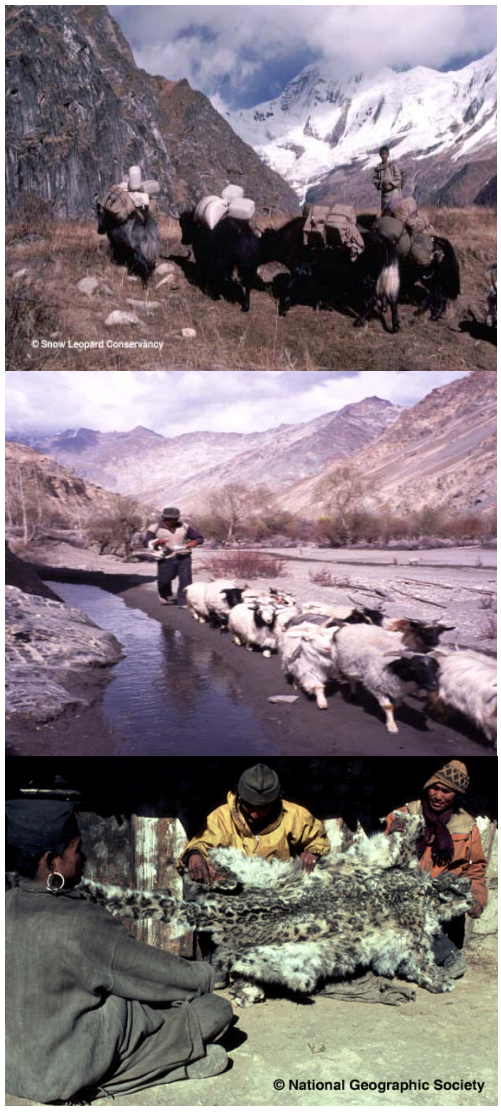
完成设置后，画一个位置的草图并记录路径类型、地形和雪豹出没痕迹的相关信息（见表格 1，附录 2）。表格 2 通常记录监测某一地点雪豹探访情况的相关信息。执行每个程序以确保每张监测表格、每卷胶卷和结果照片同正确的地点、日期和观察者相对应。我们建议一开始可以拍张照片作为参照蓝本。

有关TrailMaster和Camtrakker系统的传感器调整和照相机设置的详细指导将在附录1中提供。

4.6.5 诱饵的使用和引诱

诱饵通常用于吸引棕熊或黑熊来相机拍摄点以及毛发采集器。McDaniel等(2000)检测不同诱饵探测山猫(*Lynx canadensis*)的功效，他的结论是各种诱惑法可以引诱山猫前往毛发采集器，因而提高了探查的概率和降低了自动拍摄相机的布设密度。雪豹会拜访散发有异常气味像古龙水或香水的石头，例如Calvin Klein *Obsession*™或 *Lady Stetson*™（二者分别是CK牌香水款式，译者注）。然而这些气味不一定能保证或增加探访。对被迷惑雪豹的观察发现，雪豹对这种新奇气味的好奇消退得很快，可能在7-10天(Barbara Palmer,私人交流结果)，因此雪豹不太可能在重复的拜访过程中还对同种气味作出同样强烈的反应。

录音播放叫声通常用于估计斑点土狼(*Crocuta crocuta*)和狮子(*Panthera leo*)的种群大小(例如，Mills等2001)，但这些食肉动物习惯被看见。在2003年，播放繁殖期的、动态的雪豹的录音使我们引诱并保持和一对雪豹配偶的联系。猎人通常使用被掠食动物凄惨的叫声试图让食肉动物靠近些，但任何引诱也更增加了个体对此不同反应的可能性，因此会打破在拍摄捕获-标记-再捕获种群估计过程中的更重要假设中的一条。



上：雇用牧民和牦牛解决运输

中：牧羊人和羊群

下：偷猎者正在贩卖一张雪豹毛皮

照相机布设过程中认真踏实对增加成功拍摄捕获有很大的影响，而且避免不同反应的问题或因照相机设备惊扰了出现在附近的雪豹。鉴于雪豹有强烈的趋势使用相同的、通常是已形成的通行路径和公共的气味标记点，我们觉得使用诱饵既没必要也不合理。

4.6.6 照相机监测和数据记录

照相机应该每隔 3 到 10 天检查一次，并且降雪后要立即检查，任何挡住传感器的积雪都要被清除，否则会使照相机不能正常运作。

当检查自动拍摄照相机装置时，首先关闭传感器然后用一个标准的数据表格记录以下的信息（见附录 2 中的一个例子）：

- 记录当时的相机拍摄张数和结果(TrailMaster and DeerCam)。如果更换胶卷，也要记录胶卷数；
- 标注出没或未出没，以及雪豹痕迹的类型和存留时间；
- 如果胶卷中还剩下少于5张照片时，请更换胶卷。要确保每个胶卷都标有相对应的照相机编号和放置日期；
- 清理会挡住传感器和照相机的积雪和其他任何东西；
- 清洁镜头上的任何灰尘或水印，它们会降低照片质量；
- 核查传感器和照相机仍然恰当地排列和处于功能状态（所有的拍摄点都必须在贯穿一个取样周期中正常运作，才能满足基本的捕获-在捕获假设）；
- 更换任何照相机或传感器电池，在接近它们预计中的能量耗尽时；
- 如果也收集 DNA，那么就从附近的毛发采集器上收集毛发，造访的雪豹可以同被摄入照片上的雪豹进行匹配；

在冲印胶卷之前将其保存在低温干燥的地方。当把胶卷送去处理时，要确保你记录了实验室处理编号以便和胶卷原始号码、日期和最初放置点相匹配。如果照相机曾在不同的拍摄点工作过，清楚地把这些记录在数据表格上和你的考察日记本里。收到冲印的照片后，确定每一张照片都标有放置日期和放置地点，记录拍摄到的每一张照片的日期和时间。个体被识别后，在照片上要记录它的数量。无论怎么强调仔细跟踪每张照片的来源地和在野外的拍摄时间的记录的重要性都不为过。

远程自动拍摄照相机

用独特的斑纹识别雪豹

雪豹经过拍摄点时，被闪光吓了一跳，但却偶然提供了一张有价值的用于辨识的照片。

在2003到2004年于赫米斯高海拔国家公园开展的普查研究中，雪豹保护协会配置了20个远程触发的自动拍摄照相机装备。那次他们收集到了近200张雪豹的照片。

基于独一无二的毛皮图案，雪豹个体能够被区分和识别，在4.7部分有描述。

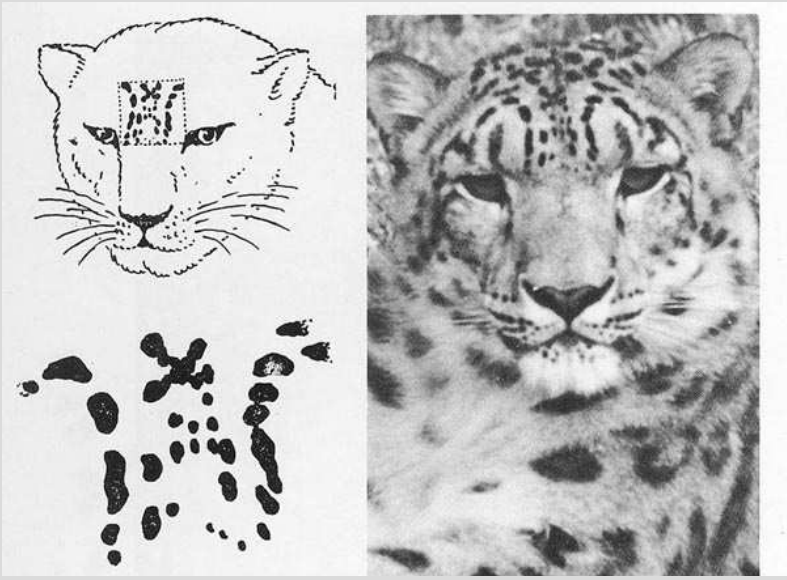
4.7 从照片中识别雪豹个体

雪豹毛皮图案的不同在于

它的大小、形状、方向与个体斑点和玫瑰形花纹的颜色。毛皮图案是不对称的，经常在侧面、下肢和尾部有着显著的不同。Blomqvist 和 Nystrom (1980)用雪豹前额非常不同的斑点图案去分别被囚禁的雪豹个体(图 7)。然而，由于在野外获得聚焦清晰的前额图象是困难的，我们就检查身体其他部位作为个体识别的潜在区域。

图 7

Blomqvist 和 Nystrom(1980)使用面部特征去区别被囚禁的雪豹个体。



我们能够成功地拍到面部，即使我们使用了快速感光胶片（ASA400）但是照片总是太模糊不能看清前额足够的细节，或者当拍摄照片时雪豹的头转向一侧。（细节见第 5 章）

基于图8和9中截然不同的毛皮图案，我们成功识别了雪豹个体。

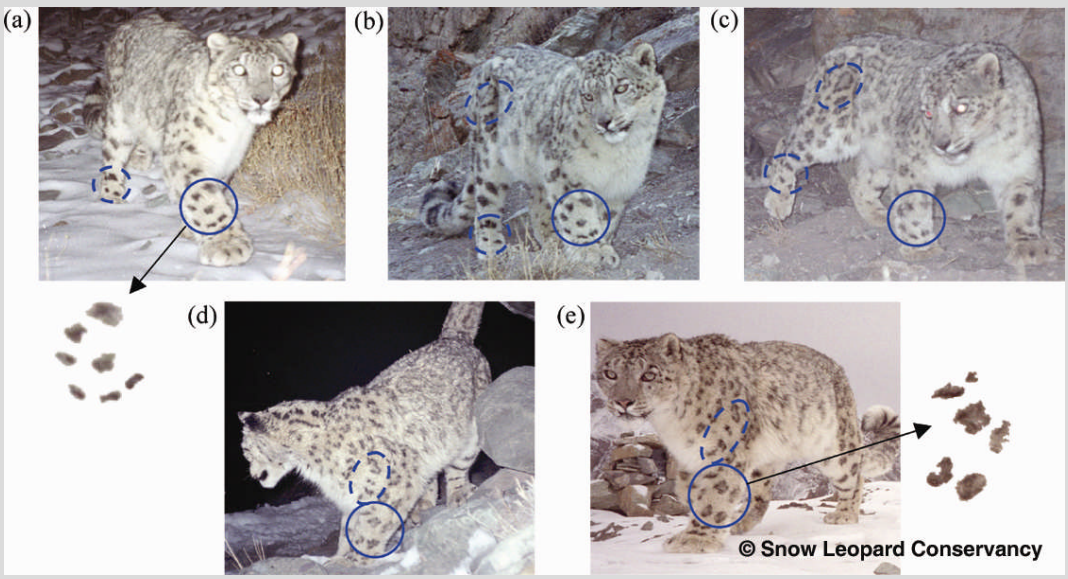


图 8：基于毛皮图案识别两只单独个体为例：雪豹 HNP-1 (a, b, c 图)和雪豹 HNP-3 (d, e 图).所有照片都是不同天数不同拍摄点拍摄的。蓝色实线表示“首要”特征，虚线表示“次要”特征。身体姿势或镜头角度的轻微变化都有可能影响到 a,b,c 的照片所显示的次要特征的可得性。为了协助识别个体，可以使用 Adobe Photoshop 软件将斑点图形或个体斑点从照片中挑除出来。(Adobe Systems, Inc.).

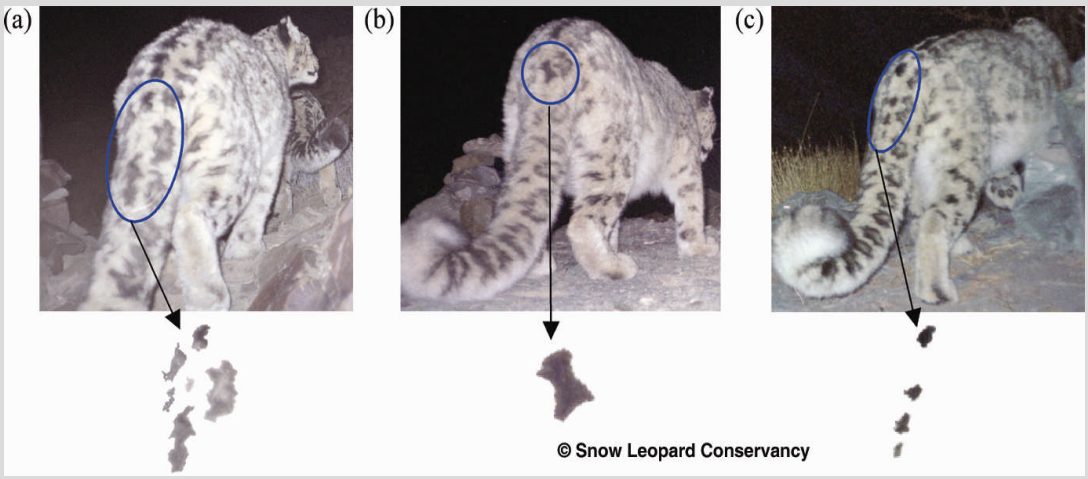


图 9：以三只不同雪豹尾巴背面截然不同的毛皮图案为例，HNP-1 (a), HNP-5 (b) and HNP-7 (c).有用的记号可能由个体斑点（b）或局部的斑点组合(c)和/或玫瑰形花纹(a)组成。应当注意的是一些个体在尾部没有与众不同的标记，这也在辨识中也是有用的。

诚实的照相机

稀罕地瞥见一只雪豹的日常生活

从雪豹保护协会数张照片中识别出来的雪豹HNP-7，它的身姿出现在赫米斯高海拔国家公园13,500英尺处的贫瘠山地。

我们对Heilbrun(2003)用毛皮图案辨识山猫的规则进行了改编，用于检查每张（雪豹）照片的清晰度、对象朝向和定位那些独特的有助于雪豹识别的标记的取景：

1. 只有当与先前被拍摄的个体照片肯定不相匹配时，才被认为是“初始捕获”；
2. “重新捕获”不需要一张整个动物的照片，而只需要能与先前被识别出的个体绝对地相匹配；
3. 一张质量差的照片或是一张不能归入初始捕获或重新捕获的照片被归入“非捕获”类；
4. 用于辨认的区域包括独特形状的或有序的玫瑰形花纹、斑点或斑点组合，位于下肢、前半身、侧面和尾巴的表面；
5. 用于辨认的独特的区域被划分为首要特征或是次要特征。每个单独的首要特征能从每张照片中指认，因此被定义为最独一无二的、显而易见的和容易辨识的标记或者是一组标记，通过它/它们可以辨识个体。其他所有独特的标记被归类为次要特征；
6. 由对比首要特征和至少一个次要特征来完成一次确定的辨识，这个识别决定了动物是初始捕获、重新捕获还是非捕获；
7. 一处不同特征的识别就足以确定两张照片拍摄的是两只不同动物。

用以上标准没有被识别的照片常可以通过由TrailMaster或DeerCam获得的成对的照片、日期-时间标记以及事件相关信息的与已知个体联系起来。仅当任何成对的照片都没有被鉴定出来时被标记为初始或者非捕获（用不充分的信息做决定）。例如下肢部位由于毛短和明显可辨的斑点形状被证实为最有效的识别。但是，即使是身体朝向的微小变化都能影响图案辨识的难易。为了使识别最优化，必须小心地选择拍摄点以及在放置照相机时尽量减小连续拍摄照片时身体朝向的改变。

影响辨识难易的讨论见第5章（5.2和5.3部分），本项研究基础上的建议见第6 章（6.1部分）。

4.8 数据分析和统计方法

CAPTURE软件程序(White等1982, 由Rexstad和Burnham1991年更新)应用于基于“拍摄捕获-标记-再捕获模型”并符合闭合种群假设的种群估算。首先，分析捕获数据来检验种群闭合的假设并得出一个捕获历史的概要。其次，进行一系列的检验来确定哪个模型与数据吻合最好，比如将数据代入每个模型并赋予0到1.0之间的一个值，值越高表示吻合得越好。最后，CAPTURE对每个模型产生出种群估计和置信区间，其结果以ASCII码形式文件输出。这个程序及用户说明可在由Dr.G.C.White维护的科罗拉多州立大学网页上下载www.cnr.colostate.edu/~gwhite/software.html。

表4：一张捕获史的表格实例

雪豹身份编号	年龄等级/性别（如果知道）	捕获史的取样条件[1](n=9)（0=没有出现；1=出现被察觉）								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	成体/雄性	1	1	1	0	1	1	0	1	1
2	成体/雌性	0	1	1	1	0	0	0	1	1
3	亚成体	0	1	1	0	1	0	0	1	0
4	亚成体/雄性	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	成体/雌性（与2只幼崽）	1	0	0	0	1	0	0	0	0
6	成体	0	0	0	0	0	0	0	0	1

1. 每个样本条件的长度可能从3至7天或更长。

一旦完成了照片识别，第一步就是用针对每个取样条件的X矩阵对每个个体建立捕获史（例如，一张电子数据表可由微软Excel软件产生，微软公司）。矩阵由输入“1”和“0”被个体填满，若在此条件下能被捕获记为“1”（与数量无关），若在此特殊取样条件下（一天或者几天）不能被捕获则记为“0”。统计出每列总和以确定在每个取样条件下的初始捕获（记为a）和再捕获（记为b）个体总数，而这些个体在先前的调查中已被辨识或标记。表4表示了一个假想的捕获史例子，表5则表示了捕获统计表摘要，此摘要需要CAPTURE计算捕获率和同数据源的种群估计。在前面提及的网址及附录2-E可查到格式化输入指导和运行CAPTURE程序的说明。

利用CAPTURE对闭合的检验在统计意义上并不强大，Stanley和Burnham(1999)提出了对于时间-特定数据的闭合检验。原则上，检验将闭合种群模型M_t的与开放种群的Jolly-Seber模型二者中一个作为零假设。此检验据称对于永久的迁出最敏感，对于临时迁出最不敏感而对于永久性和临时的迁入中度敏感。CLOSURE程序可以从以下网址下载：www.mesc.usgs.gov/products/software/closest/c

lostest.asp.

表5：假设的拍摄捕获-标记-再捕获概要统计表（源自表4）

参数	样本条件								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
每个条件中被捕获（照片拍摄）的动物总数	2	3	3	2	3	1	0	3	4
在此诱捕拍摄间隔之前被捕获的独立个体的总数	0	2	4	4	5	5	5	5	5
新捕获的个体数（例如先前未标记的和本次条件中第一次被观察到的）。	2	2	0	1	0	0	0	0	1

表6：CAPTURE程序评估闭合种群模型的概要

模型		捕获率变化的各种来源	恰当的评估	注释
模型 Mo	均等或持续的捕获概率模型	无（例如，捕获率总是与所有因素有关）。仅包含2个参数（种群大小与捕获率）	无效的（模型反对所有其他的对比）	对大多数自由生活的种群而言过于简单
模型 Mh	异质模型	异质性（每个个体总是在样本周期外都有其自己的捕获率）	Jackknife	Jackknife评估增加了稳固度
模型 Mt	Schnabel 模型或时间变化	时间（允许捕获率仅随时间变化）	Darroch	对行为反应敏感或是捕获率的变化与生俱来
模型 Mb	诱捕反应模型（相当于一个“移动”模型）	行为（假定任何给定的诱捕条件下，所有未标记的个体都有一次捕获率；所有被标记的个体有另一次的捕获概率。）	Zippin	首次捕获后的行为反应（高兴或害羞的个体）允许捕获率的变化
模型 Mtb	捕获的时间变化或重新捕获	时间与行为（允许捕获与重新捕获随时间的变化）。	不可得	需要测试模型间的关系
模型 Mth	时间与异质性均影响捕获率	时间与异质性	不可得	需要测试模型间的关系
模型 Mbh	行为与个体反应模型	行为与异质性	一般化的移动	在这个模型下，每个个体都有其首次捕获的概率。
模型 Mtbh	所有效果模型	时间、行为与异质性	不可得	需要测试模型间的关系

CAPTURE 程序为估计种群大小提供了7种不同的 模型（表6）。最简单的是空模型(M_0)假定在个体

之间或取样条件之间的捕获率没有差别。异质模型(M_h)检验由拍摄点可到达性、群体中的统治地位或年龄和性别差异造成的个体捕获率的差别（White等1982）。Schnabel模型(Mt)假定捕获率随取样条件或期间（例如，超过时间）的不同而不同。诱捕反应模型(Mb)允许被新捕获的个体概率和由于有利（对被拍摄感到高兴）或不利（对被拍摄感到害羞）的初次捕获经历造成的再次捕获率之间的差别。例如，一些个体在初始捕获时由于对闪光灯的消极反应而因此避免被照相机拍到，并且因此，可能减少个体被再捕获的可能性（即变成对被拍摄感到害羞）。相反的，诱饵的使用在吸引一些个体上可能提高捕获率，在这样的情况下使动物喜欢被拍摄。程序还结合使用Mbh（异质和诱捕反应模型）、 Mth（异质和时间反应模型)、Mtb（时间和诱捕反应模型)和Mtbh（异质、时间和诱捕反应模型）这些模型来检验这些效果的交互作用，所有这些模型都要求相当大的样本。

CAPTURE将最好的模型赋值为1，但备选值都是相关的，所以有解释的余地。不过，Otis等人（1978）推荐选择赋值大于等于0.90并且匹配良好程度可接受的模型。

表7：模型选择程序中使用的特殊的假定测试（来自Otis 等人 1978年）

测试	来源变化	空假说	可选择的假说	注释
1	异质性	Mo模型适合数据	Mh模型适合数据	为了获得个体捕获概率中的变化证据检查捕获频率。
2	首次捕获后的拍摄诱捕反应	Mo模型适合数据	Mb模型适合数据	检查总体行为后果对捕获概率的影响。
3	捕获概率中的时间变化	Mo模型适合数据	Mt模型适合数据	检验每日平均捕获率的变化。
4	考虑异质性条件下的诱捕反应和/或时间变化	Mh模型适合数据	Mh模型不适合数据	如果Mh是正确的模型，我们期望这个测试不要否定它。测试1应该证实Mh。
4a	同上	同上	同上	测试大型个体的重新捕获的诱捕反应或时间变化或两者。
5	考虑诱捕反应条件下的异质性和/或时间变化	Mb模型适合数据	Mb模型不适合数据	如果Mb表现为最好的模型，我们期望这个测试不要否定它。测试2应该显示出类似的倾向。
5a	仅使用初次捕获时的异质性和/或时间变化	首次捕获概率是不变的	首次捕获概率随时间/或个体而变化	对简单移动模型的匹配互换测试。
5b	仅使用重捕获的异质性和/或时间变化	重捕获概率是不变的	重捕获概率随时间/或个体而变化	如果Mb是正确的，那么这个空假说不应该被否定。
6	考虑时间变化条件下的拍摄诱捕反应和/或异质性	Mt模型适合数据	Mt模型不适合数据	如果Mt是正确的，我们期望这个测试不要否定它；我们也期望模型Mo被否定从而支持模型Mt。
7	考虑异质性条件下的拍摄诱捕反应	Mh模型适合数据	Mbh模型适合数据	这个测试是有用的，因为如果我们拒绝Mh而支持Mbh，那么可供使用的评估方法就是一般的移动方法。

表7总结了用来决定哪个模型与数据匹配最好的CAPTURE程序测试。测试1-3分别比较了空模型和时间、异质模型和行为模型的相对匹配程度。测试4-7评价了这些模型的匹配良好度并比较了异质模型和行为-异质模型的相对匹配。该表为判断是接受还是拒绝各自的空假设提供了指南，但我们仍然建议通过阅读Otis或White等人（1978，1982）的专著或者咨询统计学家以便更加熟悉根本的理论。

Karanth 与 Nichols (2002年)推荐使用异质模型(Mh)，因为这个模型最有可能反映像老虎这样的独居的大型猫科动物的行为。Henschel和Ray (2003年)评论说，这在生物学上是有用的，因为大多数大型猫科动物在一定程度上以活动范围大小展示某种领土性，而且拍摄可接近性因个体的社会地位及其在一区域内的空间分布而变化。Wegge等人（2004）报道了老虎的一种重要的行为反应以显示老虎对镜头的羞怯，他们归因于闪光灯和每隔50米放置的跟踪垫让老虎可能觉察到照相机。他们的结论是：密度评估也在很大程度上受拍摄装备的间距以及诱捕持续时间的影响。大雪时期可能会限制雪豹接近（捕获概率）设置在高地的拍摄装备，是否提供给受影响的动物其他拍摄捕获地点决定了是否会有时间偏差。

多功能的（并更加复杂的）计算机程序MARK也能计算出Capture模型。该程序提供了明显更有效的建模，但是为模型参数获取极大的样本规模却不太可能（见 www.cnr.colostate.edu/ ~gwhite/mark/mark.htm).

4.9 计算种群密度

为了获得一个准确的种群密度估计，有必要尽可能精确地建立调查区域的尺寸。在诱捕栅栏格研究中，人们早已认识到拍摄捕获到的动物不一定局限于被外围拍摄装备所包括的范围(Otis 等人 1978年)。因而，我们应该在外围拍摄装备界定的多边形区域外添加一条边界带，因为动物同样可以在这个区域被拍摄到。

Karanth和Nichols在对老虎的研究中，用在多个条件情境下拍摄到的老虎的“平均最大（直线）移动距离”计算出了附加的边界带。并根据以下的等式将边界带的宽度定义为平均最大移动距离的一半：

$$W = (\Sigma\ d / m) / 2$$

这里W是边界带宽度的结果，d是最大移动距离，m是最大比较距离。然后边界带的宽度值W需要再加上被拍摄设备覆盖区域的周长，以得到样本区域。 这样就能估计出雪豹的种群密度为：

$$D = N / A(W),$$

这里D是雪豹密度的结果，N是CAPTURE计算出的种群大小，A（W）是样本区域的结果，包括边界带。

Silver (2004年)为得到有效样本区域提供了一个备选方法;他使用了GIS（地理信息系统）软件产生环状缓冲区，其半径相当于在调查期间个体多次捕获的平均最大线性移动距离的一半。所有环状缓冲区的集合区域即是整个取样区域。之后将这些区域按种群或通过CAPTURE产生的丰度值划分，以提供调查区内雪豹密度的估计。这个数字仅涉及到样本区域，推广至一个更广阔的区域可能是无效的，特别是当地形、栖息地、猎物的丰富度或人类密度和活动变化的时候。

生育情况

典型的一窝中的两幼崽

要想彻底弄清猫科动物生育和出生的季节是很困难的。一窝通常2-4只，罕见的多达7只。幼崽一般出生在五月至八月间，六月是一个明显的出生高峰。它们在18-22个月时离开母亲独立生活。同胞群体可能短暂地居住在一起，这解释了为何在野外会偶然瞥见多达5只的一个群体。

摄影： *Ron Kimball.*

来自赫米斯国家公园的研究调查结果

第五章：结果

本章展示了从2003年1月到2004年3月间，雪豹保护协会在印度查莫（Jammu）和克什米尔州（Kashmir）的和赫米斯国家公园进行的雪豹普查和种群估计工作的成果(Jackson 等，在评审阶段)。在这些调查之前的两年(2001-2002年)里，我们试验了多种型号的主动式和被动式自动拍摄照相机装备，以决定哪种或哪些型号在高海拔、寒冷冬季条件下表现最佳，及哪种配置能最大化拍摄成功率。虽然我们的方法在2003年和2004年有所不同，但是我们维持了在核心调查区域开展正式种群普查所需要的最少的自动拍摄相机装备数量。在2004年的调查期间，我们在边缘栖息地和沿着调查区域周边又增设了11架自动拍摄照相机装置来评估在估计雪豹数量中所采用的取样方法，这并没有分散我们在这一重要保护区域所做的普查工作。

5.1 成功捕获和种群普查

我们总共获得了66张和49张有雪豹的照片，其中包括了112和87张雪豹的个体照片。得出在2003年和2004年，每100个拍摄夜晚的捕获成功率分别为8.91和5.63（表 8）。2004年比较低的雪豹拍摄捕获率及其密度估计是由于在边缘栖息地增设了拍摄装置的同时，增加了核心和理想的栖息地（见图3）周围的取样区域。2003年我们用了58天探察到所有被拍摄到的雪豹个体，2004年则用了11天。然而，我们在拍摄的前14天内就探察到了2003年所有被记录动物的67%。在2003年和2004年，错误触发的图象分别占所有图象的60% 和75%，这主要归结于那个时期大量的降雪盖住了红外线传感器并且很快耗尽了照相机的胶卷。此外，2004年的冬天比2003年显著湿润，其结果是这两年中错误图象的数目有很大的不同。家畜（主要是绵羊和山羊）在两次普查期间占了被拍摄捕获的非目标物种的10.3%和13.7%，犬科动物（通常是红狐和狼）和鸟类则分别占了余下的非拍摄目标物种照片数的5.4%和2.5%.

表8：2001-2004年间拍摄行动及成果概要			
参数	**2001-2002**	**2003**	**2004**
取样期间	2001.11.2-2002.11.15	2003.1.21-2003.3.25	2004.1.15-2004.3.24
照相日	1,652	741	871
照片总数	223	465	1,014
被识别的雪豹个体数	3	6	6
雪豹照片总数	30	112	87
雪豹的捕获数	28	66	49
错误/无图象的照片数	72 (32.3%)	278 (59.8%)	758 (74.5%)
非目标物种的照片数	121 (54.3%)	86 (18.5%)	174 (17.2%)
岩羊（主要捕食物种）	14 (6.3%)	13 (2.8%)	6 (0.6%)
家畜	65 (29.1%)	48 (10.3%)	139 (13.7%)
犬科动物（狐狸和狼）	7 (3.1%)	19 (4.1%)	15 (1.5%)
鸟类（雪鸡和石鸡）	35 (15.7%)	6 (1.3%)	10 (1.0%)
拍摄的站点数	20	18	19
拍摄照相机设备数目:			
TrailMaster	3	11	27
CamTrakker	7	4,.1 数码	0
雪豹成功捕获照片数			
照片数/ 每100个照相天数	1.69	8.91	5.63
拍摄率（平均数）	(59.0)	(11.2)	(17.8)
注：2001-2002年的数据跨越了整整一年，照相机拍摄定期地从一个点移到另一个点。这些数据不能与2003至2004年间的3个月普查的数据直接对比。			

我们在两个普查年度中总共识别了十只雪豹。其中，仅有两只个体在这两次普查期间均被捕获，一只为雌性成体(指定为 HNP-2)，另一只为雄性亚成体(HNP-3)。雌性 HNP-2 与雄性头领在一起被拍摄于 2003 年 2 月间，之后与两只幼崽被拍摄于 2004 年的 2 月和 3 月。2003 年间，雄性头领(HNP-1)，因其出现的频繁程度来确定，在 33 次情境中被拍到。其他另外五只个体分别是(HNP-2)14 次、(HNP-3)8 次，(HNP-4)4 次，(HNP-5)3 次 和 3(HNP-6)3 次。仅 2003 年的一次拍摄（两张照片）因为个体通过时离照相机太近从而导致图象模糊没有被识别。2004 年，HNP-2 和 HNP-3 都分别被拍摄了 8 次。HNP-1 最后一次被观察到是在 2003 年 12 月 23 日，从此之后尽管拍摄区域扩大但再也没见过他被拍到的照片，我们就此认为他失去了占有的领地、受伤或者死亡了。随之而来的结果是，在 2004 的普查期中有 4 只新的个体照片被拍摄存档，即 (HNP-7)在 6 次情境中被拍摄，(HNP-8) 12 次，(HNP-9)2 次和(HNP-10)5 次。 另外 4 个拍摄由于图象模糊或取景不好(例如，只拍到了尾巴的末端）没有被识别。这 4 次拍摄的是 HNP-2 和 HNP-9 的幼崽。

家庭合影

拍摄于 2004 年 3 月初的 HNP-2 雪豹和她的两只 8 个月大或是更年幼的幼崽。这样的照片很罕见，因为通常幼兽跟在后面，在母雪豹触发拍摄装置后它们对照相机产生警觉。在这幅照片中，它们围在妈妈的周围。

5.2 雪豹的识别

相比而言，由于雪豹的长毛、漫散的颜色和图案以及高度变化的玫瑰形花纹（例如玫瑰形花纹或斑点在长毛区域有着变形的趋势），雪豹的个体识别比老虎、印度豹(*Acinonyx jubatus*)、普通豹(*Panthera pardus*) 或美洲虎(*Panthera onca*)的识别难的多。结合身体姿势的变化和皮毛的运动，身体部分展示出的最有与众不同的斑点图案是在那些不易扭曲的短毛处。我们分析用身体不同部位的斑点图案来识别动物个体的效果，描述见第4章。在2001年和2004年间，我们将照片中的个体识别与在同一地区拍摄的雪豹记录片脚本《寂静的咆哮》(*Silent Roar*)中关于雪豹的情节相对比。电影摄制组获得了大量的常住雪豹在岩石标记气味处的电影脚本，雪豹在做标记前要花几分钟的时间研究以前的气味和抓痕。记录片给我们提供了机会从多个角度观察在研究区域内居住的雪豹以及连接在静态图片中识别的不对称图案并验证了个体识别。

我们利用前肢、侧面（主要是一侧的臀部部分）和尾巴的背面截然不同的毛皮图案来完成雪豹的个体识别（见第4章，图8和9）。基于玫瑰形花纹/斑点图案的清晰度、可变性、在每一区域可识别的难易度和野外照片的可靠性，我们评估了身体的所有部分包括面部、肩部、侧面和后肢在个体辨识中的可利用性。前肢、侧面和尾巴在野外最容易被拍到且展示截然不同的图案可以区别雪豹个体。在尾巴的背面表现出一定程度的变化并且常常有与众不同的斑纹。然而，雪豹沿着尾巴侧面的图案往往非常相似，并且在某些情况下，完全缺乏区别的标志（如果仅限于在一特定的调查区域的少数个体，这在个体识别中也仍有用）。雪豹侧面有适度的变化，但由于毛很长，并不总是能容易地看出来。前肢的短毛和独一无二的标记显示出最高程度的变化性，因而提供了最经常被拍到也是个体辨识中最不容易变形的区域。前肢的毛短，清晰显示的固定斑点随身体的朝向和皮毛的运动变化很小。

雪豹前额的小斑点被动物园的管理员广泛地用

SAMLING SHEY

佛教与生态保护

“我们藏族人基本都是佛教徒和……我们倡导对地球上所有其他的生命给予爱和同情。因此认识到野生动物保护的重要性是我们所有人的责任。”
—H.H. 14世达赖喇嘛

900 年前，在尼泊尔遥远的多帕（Dolpa） 地区，一位佛教方丈建立了 Thashung 康巴来保护野生动物。同样地，普村(Phu)的喇嘛在临近的 Manang 区域试图说服村民们：所有的生命都是相互关联的。随着雪豹变得日益稀少，喇嘛卡马宣告他将离开普村。由于村民不愿离开他们的上师，就允诺不再杀雪豹。村民们至今仍遵守着这个允诺，因而岩羊和雪豹又重返家园。同样的，Samling 康巴周围的野生动物受到了喇嘛们的保护。

于识别中。而对于我们野外的研究是不可靠的，因为当我们放大照片至可靠辨识的程度时，前额部分或者太模糊或者说非常的粒状化。此外，头部常常从照片中漏掉，经常是很小的一部分，因此妨碍获得前额的清晰照片。尽管在一个特意安排的拍摄设置中前额的图案是有用的，但是在野外重复获得这些照片是不太可能的。其它面部部位尤其是眼睛周围，展示出的更多是无显著特点的图案，因此对于识别用处不大。尽管侧面的图案一般很大，容易拍到且能展示出明显不同的图案，但比其它部分更趋于分散和不明确。长毛与其周期的脱落常使侧面的图案变得模糊，以至于使个体的玫瑰形花纹或斑点不容易被区分。在侧面的图案以及前肢和脖子的图案之间，肩部的图案表现出一个梯度。在这个区域玫瑰形花纹或斑点更小更多，但很快就漫散在长毛中因而也就没法用于识别。后肢典型地展现出难以描述的大斑点，这些在鉴定时不是很有用，但是可以提供有价值的二级信息。

在2003和2004年，我们分别识别了所有被拍摄照片的96.4%和97.6%，共10只个体。在2003年，我们拍摄到了6只雪豹（HNP-1到HNP-6），断定为2只成年雄性，2只成年雌性，1只亚成年雄性和1只性别未知的幼体。在2004年，我们重新捕获了其中两只个体（1只成年雌性HNP-2和1只亚成年雄性HNP-3），加上4只新雪豹（HNP-7到HNP-10,被归为2只雄性，1只成年雌性和1只性别未知的幼体）。我们拍摄到2只带着幼崽雌性雪豹，这两只幼崽在第一次捕获时被断定大约有6个月。从雪豹的照片来确定它们的性别是最困难的，除非有动物的体型或成年雄性所展现出的生殖器作为证据。雌性雪豹通常有更小更圆的头，胸部不那么强壮。除非有相对应的同时采集的DNA样品，否则通过照片来区分性别往往被一些不确定因素所阻碍。我们已经开发和实地实验了一种非入侵式获取野生雪豹毛发的方法，如果需要可以获得。但是雪豹DNA的基因型研究仍处在初始阶段。

5.3 照相机布局对成功捕获和识别的影响

2003年，直接靠近或离开诱捕点架设照相机去拍摄雪豹是为了努力获得面部和尾巴的背面的照片。因此，如表9所示，大多数动物在正视照相机时(36.9%) 或在离开时(34.2%)被拍到。其结果是所有图象中的26.1%显示了动物躯干的3/4，仅有9.9%显示了整个躯干。照片中的43.6%只拍摄到了雪豹的三条腿，图象中的37.8%躯干外表的形迹是完全看得见的。2004年，照相机的架设为了获得一个倾斜的(45° 角)和一侧的(90°)观察。因此，较大比例的图象(22.6%)捕获了雪豹脸的侧面，整个或3/4个躯干(60.3%),但较少的照片成功拍摄到了雪豹相对有特色的尾巴（3.8%）。拍摄对象朝向的高度受到以下因素的影响:雪豹偏爱的狭窄行进通道（宽度小于2-5米）、雪豹习惯于靠近岩石或峭壁底部行走、雪豹个体对岩石气味和擦痕接近方式的差异。

表 9： 2003-2004年普查期间雪豹照片中身体可见部位的比例

身体位置	样本的百分比	
	2003年(n = 112)	2004年(n = 87)
面部角度		
不得而知的姿势但面部不可见	19.8	35.8
侧面对着照相机（大约 90°）	9.0	22.6
扭过头(90°)	34.2	17.0
正对照相机(45°)	36.9	24.5
可见躯干的程度		
不可见	24.3	11.3
完全可见	9.9	35.8
大约四分之三 (75%)	26.1	24.5
大约一半(50%)	21.6	9.4
小于四分之一 (25%)	18.0	18.9
可见的肢体（前肢或后肢）数		
无	8.2	18.9
1	9.1	15.1
2	29.1	26.4
3	43.6	30.2
所有四肢	10.0	9.4
尾巴可见的程度		
不可见	20.7	15.1
完全可见（截面表面）	37.8	3.8
大部分可见	12.6	39.6
大约一半	10.8	26.4
仅些微可见	18.0	15.1

因此我们推荐在拍摄对象的相对两侧成45°角处分别架设照相机，或者如果场地受到限制则在同侧成反45°角架设照相机(如图 6A 和6B)。这样的排列最有可能拍到前肢、侧面和尾巴背面的好图象，这些部位为个体识别提供了更高的可能性。若能同时拍摄雪豹的两侧则是更好的，因为毛皮的图案是不对称的。

5.4 闭合检验和模型选择

CAPTURE中的闭合统计检验支持2003年（7天样本条件，z = 0.843, P = 0.800; 5天样本条件， z= -0.075, P = 0.470）和2004年(7天样本条件，z = 0.423, P =

0.664; 5天样本条件, z= 0.539, P = 0.705)普查中的种群闭合假设（即没有迁入、迁出、出生或死亡）。

Stanley和Burnham(1999)更强有力的闭合检验也支持这两年的种群闭合(2003: 7天样本条件, x^2= 1.584, df 6, P = 0.954; 5天样本条件, x^2= 2.496; df 9, P = 0.981; 2004: 7天样本条件, x^2= 4.601, df 8, P = 0.799; 5天样本条件, x^2= 8.659, df 8, P = 0.372)。

表10 显示了检验结果优良的匹配度。样本太小不能评定空模型(M0) 相对于异质模型 (Mh),异质模型相对于行为和异质模型(Mbh)的相对适合度,或者不能计算 chi-square 价值对于评估以时间为基础模型(Mt)的匹配度。除了2004年的7天样本条件，没有关于总的行为反应的依据(M0对应Mb)。7天样本条件显示出捕获概率(M0对应Mt)的时间变化没有依据和异质模型(Mh)一定的匹配度。在5天样本条件下，新捕获和先前捕获个体之间不同行为反应的一些证据在2004年的种群调查中显现出来。

CAPTURE 选择空模型用于2003年的7天样本条件和2004年的所有效果模型(Mtbh)或行为和个体反应模型(Mbh)，但是由于小样本尺寸（表 11）我们选择使用空模型用于种群评估。在5天的样本条件数据设置下，CAPTURE在2003年选择了异质模型(Mh)，在2004年选择了空模型(M0)。样本尺寸小无庸置疑的是我们不能得到一个比过于概括的空模型更复杂的模型的首要原因，这个空模型M0假定持续捕获的可能性与所有因素有关（即，个体间的变化或由于时间或行为而产生的变化）。

5.5 相机拍摄捕获概率和种群估计

表12显示了对四种CAPTURE模型的相机捕获概率和种群估计。高捕获率(0.333 – 0.667)在两年中均有记录，虽然种群估计随年份和模型而变化，但在两年内和两年间的差异均是可以忽略的。因而，在2003年的空模型下，CAPTURE 估计的雪豹种群样本为6只个体，其标准误差为0.16-0.28。2004年，在7天和5天条件数据设置下使用这个模型估计的种群为6 ± 0.22 (SE)。异质模型(Mh)在2003年的7天条件数据设置下产生了一个坏条件下的种群估计(7 ± 1.35 雪豹与一个 95%的4-10只个体的置信区间)，但是在随后的一年中空模型提供了真正可比的估计(即, 6 ± 0.19-0.20 雪豹)。在这两年中用诱捕反应模型(Mb) 和异质和诱捕反应组合模型进行种群估计是可以比较的。

表12提供的95%的置信区间是人工计算的。因为打印时，CAPTURE会把所有的值转换成整数。以2004年的种群估计为例，如果估计值为6，标准误差(SE)为0.22，置信上限将是6+.22*1.96，或大约是6.44。但CAPTURE会将这个值转换成6。同样地，下限将是6-.22*1.96,但是CAPTURE打印出的下限不会小于总的捕获数，在这样的情况下打印出的还是6。因此，CAPTURE可能产生与置信区间直觉相反的输出，我们的例子见6-6。

对于小尺寸样本，我们选择空模型作为我们数据设置的“最佳”模型。我们有100%的信心相信雪豹的数量***至少与拍摄捕获的和基本被辨识的雪豹总数相等***。这两年的种群估计和几乎所有模型都与我们普查的6只个体相当匹配。

表 10： 在赫米斯国家公园自动相机拍摄雪豹的捕获--重捕获模型统计													
年，调查持续时间和样本条件a	样本条件编号	Mo vs. Mb			Mo vs. Mt			Mh的匹配度			Mb的匹配度		
		x 2	df	*P*	x 2	df	*P*	x 2	df	*P*	x 2	df	*P*
2003b													
63天(7天样本条件)	9	0.470	1	0.493	5.428	8	0.711	9.600	8	0.294	9.215	7	0.238
65天(5天样本条件)	13	1.798	1	0.179	11.806	12	0.461	21.286	12	0.046	17.552	12	0.129
2004b													
70天（7天样本条件）	10	3.817	1	0.051	9.229	9	0.416	6.733	9	0.665	8.250	7	0.311
60天(5天样本条件)	12	1.046	1	0.306	15.574	11	0.157	17.407	11	0.096	12.896	9	0.167
a 所有例子支持闭合（见正文）。 b 用于对比Mt相对非Mt和Mh相对Mbh的样本太小。													

表 12：在赫米斯国家公园中雪豹样本的评估丰富度和捕获率								
	基于Mo（空模型）		基于Mh （异质性）		基于Mb（诱捕反应）		Mbh（异质性和诱捕反应）	
	捕获率/条件	评估的丰富度（±平均标准误差）a	捕获率	评估的丰富度±标准误差	捕获率	评估的丰富度± 标准误差	捕获率	评估的丰富度± 标准误差
2003								
7天的条件	0.389	6 ± 0.28 C.I. = 5.45 - 6.55	0.333	7 ± 1.36 以内插值替换的C.I.= 4.35 - 9.65	捕获= 0.316 重捕获= 0.428	6 ± 0.59 C.I.= 4.84－7.16	没有计算	6 ± 0.59 C.I.=4.84 - 7.16
5天的条件	0.346	6 ± 0.16 C.I. = 5.69 - 6.31	0.346	6 ± 5.51 以内插值替换的 C.I.= 0 - 16.80	捕获 = 0.231 重捕获= 0.404	6 ± 0.59 C.I.= 4.84 －7.16	没有计算	6 ± 0.59 C.I. = 4.84-7.16
2004								
7天的条件	0.383	6 ± 0.22	0.383	6 ± 0.19	捕获 = 0.667	6 ± 0.01	没有计算	6 ± 0.01

		C.I. = 5.57 - 6.43		C.I. = 5.63 - 6.37	重捕获= 0.333	C.I. 5.98 - 6.01		C.I. = 5.98 - 6.01
5天的条件	0.333	6 ± 0.22 C.I. = 5.57 - 6.43	0.333	6 ± 0.20 C.I. =5.61 - 6.39	捕获 = 0.461 重捕获= 0.305	6 ± 0.06 C.I.= 5.88 - 6.12	没有计算	没有计算
a C.I. = 手动计算的低于或高于平均值的95%置信限度（见正文）								

表 11：用CAPTURE选择模型（见第4章，4.8部分）。

年/样本时间间隔	Mo	Mh	Mb	Mbh	Mt a	Mth b	Mtb b	Mtbh b
2003:								
7天样本条件(N = 9)	1.00	0.89	0.39	0.65	0.00	0.39	0.40	0.69
5天样本条件(N = 13)	0.99	1.00	0.58	0.76	0.00	0.41	0.62	0.74
2004:								
7天样本条件(N = 10)	0.91	0.75	0.62	0.99	0.00	0.67	0.45	1.00
5天样本条件(N = 12)	1.00	0.90	0.34	0.67	0.00	0.51	0.41	0.78

阴影区域表示用CAPTURE选择模型。关于模型描述，见Otis等人1978 和 White等人1982的文章。

a 用于评估的样本太小。

b 没有种群评估适用该模型。

（*海报由Leslie Nguyen制作*）

和谐的山谷
家畜和野生动物

雪豹保护协会（SLC）使用当地语言的海报、儿童书籍和教师培训来传达高山食物网的基本原理和雪豹在这其中的位置，所有这些都结合当地的文化背景来提升环保意识。

这张海报采用了传统的佛教唐卡的形式，展示了两座山地的解决方案。“和谐的山谷”实行良好的环境管理，而“冲突的山谷”也能够通过改进而受益。这个图象的含义是激发讨论，鼓励牧民在力所能及的范围内把良好的家畜管理和野生动物保护的元素结合起来。

2004年所有个体在头两周均被拍摄，但在2003年却用了近两个月的时间去侦察到所有的雪豹，如个体HNP-6在在倒数第二次的样本条件下被拍摄到。当HNP-1的支配性雄性地位被基本确立时的2003年，证据显示出某种雪豹们“高兴被拍摄”的行为。但当该区域不见这只雄性雪豹踪迹的在2004年，我们记录的雪豹则呈现出对拍摄感到害羞的趋势。这些变化在多大范围内可能与标记方式或者土地使用变迁相关尚未知晓，但是2003年发现的3只雪豹（HNP4，5和6）在2004年没有被侦察到，而是新出现了另外4只雪豹个体。考虑到高捕获率(> 0.30)，我们猜想它们可能已经离开了这个区域。无线电跟踪是断定这类动物行动和最终去向的最佳手段，尽管这4只个体可能已经出现在我们架设照相机拍摄的Rumbak 分水岭的邻近区域。

5.6 有效的样本区域和种群密度估计

我们计算出成功拍摄到的雪豹移动的平均最大直线距离在2003和2004年分别是3.15 和 4.03公里（表13）。因而，在2003和2004年，我们增加了一个分别为1.58公里 和 2.02 公里的外围边界带，包围着设立在最外围的照相机拍摄站，有效地普查了71平方公里和135平方公里。我们断定由陡峭的、不规则的斜坡、丰富的露出地面的岩层、峭壁、冲沟和其他覆盖组成的Rumbak分水岭60-70%的区域为雪豹提供了良好的栖息地，剩下的30-40%被归为不好的栖息地（主要由很少或没有植被覆盖的、开阔的、起伏的斜坡组成）（图3）。2003年调查数量估计雪豹密度为每100平方公里有8.49 ± 0.22 (SE)只个体（不包括幼兽），2004年则为4.45 ± 0.16 。在每次调查中，给定相似的平均移动距离和相同的被捕获的最小个体数|（6），这些不同的评估最有可能反映照相机间距、覆盖、和调查栖息地类型的不同。2003年，我们的拍摄集中于雪豹核心的栖息地；2004年我们在边缘的栖息地放置了更多的镜头并且在在相同的分水岭扩大了样本的区域，从而导致了较低的密度估计。我们得出结论每100平方公里大约有5只雪豹，这与Chundawat 和Rawat(1994)在Rumbak沟从可得岩羊数目的基础上估计有4只雪豹是一致的。

表13：赫米斯国家公园中雪豹平均移动距离、有效样本区域和雪豹密度的估计							
年	拍摄点数目	照相机覆盖的面积（km^2）	平均最大移动距离（公里）	标准误差	缓冲带宽度（km）	有效样本区域（km^2）	在空模型(Mo)下的雪豹密度估计[1]（每100 km^2的标准误差数）
2003	18	28.46	3.15	0.38	1.58	70.70	8.49 ± 0.22
2004	19	60.71	4.03	0.42	2.02	134.87	4.45 ± 0.16
1、密度估计的解释请见正文							

第六章：结论和建议

6.1 红外照相机监测法在雪豹研究中的可行性

图像的“拍摄捕获-标记-再捕获法”(**CMR**)如果能使用得当，它将成为估计野生雪豹种群数量和监测其种群动态的有力工具。在过去两年的雪豹数量普查中，我们很成功地将红外感应器和摄像机应用于喜马拉雅山脉的恶劣环境中（平均海拔3400—4600米）。这里冬季晚上气温常低于0℃，白天则高达35℃，而且太阳辐射强烈。

雪豹个体识别比老虎、普通豹要难。老虎有清晰的横纹，且在平地活动。普通豹的毛短、能更清楚辨认其对比度强的斑纹。照相机的架设角度对是否能拍摄到识别个体的照片很关键。我们发现拍摄镜头与地面呈45°的角度最佳，能拍到其前肢以及尾巴的侧面和背面。更加连续性的主体朝向和主要辨认部位的可重复性的图像大大降低了雪豹个体的区分难度。

红外摄像机最好架设在有石头存留气味和擦痕的标记点出入处。正好处于标记点的照相机在雪豹探查或标记时拍到它们的各种姿势。红外照相机特别适用于当周围的地貌和环境特征把行走途径清晰地限定住。但注意架设时不能距离经过的动物太近，否则得到的照片模糊、无效或缺失必要的信息。大多调查路线很窄（宽小于2-3m），而且雪豹偏喜欢在巨石附近和悬崖底部行走，想获得雪豹的高质量的侧面照片相当困难。这样就很难一次同时拍下两侧的辨别特征。但同样的方法对老虎，豹和美洲虎却不存在问题（例如，Karanth和Nichols 1998 ; Henschel和Ray 2003; Maffei等2004, Silver等2004）。此外，雪豹的侧面（主要是肩部和侧面）以及后肢作为识别特征都不及前肢和尾巴，因为后者没有长毛覆盖，不会改变斑块图形影响识别。再者，雪豹的斑块外形不像普通豹或美洲虎那样清晰，尤其当身上覆盖了一层薄雪之后就更难识别了。由于动物迅速经过，沿线照相机拍到的照片模糊或影像重叠，不易辨认。除开2004年的考察，大多数个体总能重复拍到，说明我们的研究对象几乎没有受摄像机闪光和杂音的影响。

为了获得更多雪豹的照片和尽可能减少错误触发，不仅要遵守在第四章中讨论的照相机架设规则（详见4.6），而且避开牧民和牲畜的活动时间开启红外感应器也能减少无效照片的拍摄。TrailMasters在这方面提供了最大的弹性，使红外感应器能在每天的1或2个

时段开启。CamTrakkers 却只能设置成全天24小时工作或仅在白天、晚上工作。无论采用哪种设置，都必须保证在每天的同一时段内进行拍摄（变量只能是在种群估计数据中相同时段得到的不同数据资料），这样才能使结果分析具有可比性。

我们的拍摄结果分析最符合闭合的$CMRM_0$空模型或者可能是M_h异质模型，这些模型不仅考虑到捕获概率中个体的差异，也是研究老虎所采用的模型（Karanth和Nichols 1998, O'Brien 等2003）。值得强调的是根据研究对象的种群规模选择合适的数学模型非常重要。雪豹数量少，性格孤僻，低密度地广布在高山区域，这些因素都使得我们不得不采用过于总括的M_0空模型来分析。另一方面，我们得到的照片比已见报道的优质栖息地里的老虎要多出一倍（Karanth和Nichols 1998），比次优质栖息地里的苏门答腊老虎多出好几倍 （Karanth等2004; O'Brien 等2003）。由此推断，雪豹有选择相同路线，经常重返同一地点做标记的强烈偏好（特别是在冬天的繁殖季节），并且它对照相机没有太大的排斥（Ahlborn和Jackson 1988, Jackson 1996）。

如上所述，选择合适的地点架设红外照相机可以增加拍到雪豹的可能性，比如选择公用的岩石标记和擦痕处，或者沿着地势局限和呈漏斗型状的狭窄"滞留处"（如溪流和谷地交汇、山脊线贯穿行径路线的地方），如果这些又都在核心使用区域内就更好了（Jackson 1996）。除了要保证调查路线上没有沟堑，并建议使用现场周围的石头搭建天然掩体，掩饰摄像头和红外感应器。我们还建议不铺设踏板，因为这很可能是一项老虎研究中出现问题的症结所在（Wegge 2004）。研究中发现踩踏板会紧随着拍摄闪光，令一些老虎看上去"不太舒服"（ 请见opcit. 第256页）。和老虎一样，雪豹的幼仔和未成年体通常跟在成年雪豹的后面，当成年雪豹触发照相机时，小雪豹会警觉地避让，从而失去了幼体的影像资料。然而，对这种小群体的估计最好还是等到冬季下雪后分析幼仔的足迹。

拍摄累积曲线要求拍摄周期至少35天以获得足够的个体照片，但45—60天更好，在不违背闭合假设的情况下增加重复拍摄。我们发现每个点为5天的拍摄周期比较好，这样就有可能在一些海拔上周期地轮换设备。Karanth和Nichols (2002)建议每隔几天移动仪器，可以探查更为广阔的地域。但显然这很难做到，因为在雪豹栖息的高山上我们基本依靠步行，加上移动设备很花时间，所以即使是保证全套设备每夜工作都难以实现。种群普查最好是在研究区域内架设足够多的设备，这样才不会漏拍一只在自己领域活动的雪豹。普查就是计算给定的区域内的个体总数，区域面积越小，所需的人员、设备和资金越少。其缺点在于因后备不足而导致的调查面积过小，因此不能推算超出种群估计的调查范围。相比之下，要估计整个种群的数量应该针对更大的区域，并有合适的抽样方案。准确把握一定区域内雪豹数量，可能需要综合分析数年的研究和普查资料，但目前还无法做到。

实际上，所有的研究者都没有足够的红外照相机。面对设备的缺乏，有个解决办法就是将研究区域划分成几个毗邻的方块（3—5个或更多），接着在同一个方块内每隔5—7天移动设备到不同的地点。假设有20台设备，最小覆盖密度为每16—30平方公里1.5台设

备，每台设备在同一个点架设不少于5个晚上以保证拍摄率。每一单一的研究范围就难以超过500—750 平方公里（详见第四章的**Box C**）。进一步假设一天只能重新架设两个点，则需要10天才能重新架设完所有设备。因此唯一的解决办法就保证是每小块区域的拍摄装备同步化以达到相同拍摄效果（见 Karanth和 Nichols 2002）。但这样可能造成一些点的覆盖时间比其他点长，形成拍摄偏差，认为个体偏好这些地方。

哥俩好——下一代

自动拍摄相机拍到两只雪豹幼崽。监测繁殖成功率是良好管理像雪豹这样的濒危物种必不可少的部分。雪豹保护协会相信，雪豹的未来与当地社区的努力息息相关。

利用自动拍摄装备、DNA 取样技术等非侵犯性的方式来研究种群不仅能帮助评估保护方法的效果而且对确保雪豹的未来做出贡献。

6.2 照相机和感应器的选择和性能

表14总结了研究中使用到的远程感应器和照相机的基本特征。尽管红外感应开关如TrailMaster 1550比较贵，且对操作技术要求高，但只要安装和使用得法，具有良好的可控性和稳定性。当动物体温和周围环境差别不大时，被动式红外监控器容易无法启动而失去拍摄目标，类似情况我们在实际操作中遇到过几次。如果被动式红外感应器具有双重触发开关，即动作和体温，在下雪的气候条件下便不会产生太多的无效图像。我们认为，主动式红外感应器触发的大量无效拍摄总比漏拍要好。我们也注意到，压力感应开关在下雪或零下的气温中几乎不能正常运作，因为雪和冰将踏板表面冻住，阻碍了踏板移动和形成闭合的电路。尽管雪豹喜欢在傍晚到凌晨这段时间捕食，但全天都有活动记录。

TrailMaster 1550的优点有：电池持续使用寿命长（即使冬天每晚的气温降至零下12℃，也能持续至少2到3个月）、储存信息的稳定性好、不和感应器组装在一起的防水照相机便于各种设置选择、便携式的三脚架令取景简单和快速（三脚架有时会被撞断，最好用一些小石块固定）。缺点是我们要将照相机涂成全黑色或灰色（38 IN ALL），因为它们出厂时是鲜艳的白色和红色。按照设计，TrailMaster应该架设在树或桩上，高于林线，探查林木稀疏的偏远生境。这便意味着我们需要将接收器固定在一个金属质的凸缘上。这些凸缘只需花很小一笔钱就能从美国的大多数硬件商店中买到。

最新的CamTrakker遥感照相机不仅电池寿命长，并且在数码摄像单元有3种拍摄模式。比起复杂的TrailMasters，CamTrakker更容易操作，尤其适合那些从未接触过科技设备的当地村民的使用，组装上也是

一体化。数码型CamTrakker能在野外直接评估拍摄资料，这样可以进行实时分析，进而避免由取景不当带来的问题等。但是，大多数数码产品的耗电量大大超过同类的一搬照相机，而且更主要的是触发慢，这些因素在购买之前都得考虑。因此，在选择一款照相系统之前，应该综合考虑使用者的经验、每套设备的价格和探测雪豹的可靠性。

表 14：研究中使用的红外感应器和照相机的对比

性能	**模拟信号**				**数字信号**
	TrailMaster *TM 1550*	**TrailMaster** *TM 550*	**CamTrakker** *Original/Ranger*	**DeerCam** *Scouting Camera*	**CamTrakker** *数码*
规格					
组件	两个全天候工作单元：接收器和发射器。可选 35㎜ 镜头，可连接单个触发器。	单个全天候工作单元。可选 35㎜ 镜头，可连接单个触发器。	单个全天候工作单元。内含一个 35㎜ 照相机。	单个全天候工作单元。内含一个 35㎜ 摄像机。	单个全天候工作单元。内含一个索尼 410 万像素 35㎜ 照相机，但可拆分。
安装 **注意**：预先设计可以简化野外的安装	中等难度。 要求熟悉系统。 安装时间约为：30-60 分钟	简单。 安装时间约为：10-30 分钟，依安装数量而定	简单。 安装时间约为：10-20 分钟	中等难度。 安装时间约为：20-40 分钟	简单。 安装时间约为：10-20 分钟
触发器	主动。一束脉冲式锥形红外光束探测到目标物当其阻隔光束达一定时间，触发拍摄	被动。热导和红外双重探测。要求对同一事件同步触发	被动。热导和红外双重探测。要求对同一事件同步触发	被动。热导和红外双重探测。要求对同一事件同步触发	同模拟信号的 CamTrakker
探测范围 **注意**：被动式红外探测器的有效探程取决于环境条件	探程 150 英尺；光束窄直径 3/8 英寸；直视	探程 65 英尺；光锥左右 150°，上下 4°	探程 60 英尺；光束中等宽度但密集，直径 8 英尺	探程 60 英尺；光束窄或极窄[1]。热天气探程 20 英尺	同模拟信号的 CamTrakker
快速启动（注意：弱光或夜间相机循环闪光）	是	是	是	是	否，照相机要求预热约 30 秒；待机模式 24 小时内便可耗尽电池[2]。
灵敏度[1]	可调性能高。对目标物进行高精度拍摄	可调。对目标物拍摄精度中等	设置固定	两种设置：通过转换开关转换高、低灵敏度	同模拟信号的 CamTrakker
定时拍摄	可以，两个可选	同 TM 1550	可以，白天，晚	每隔 24 小时启动	同模拟信号的

	时段，时段间隔 24 小时		上或全天（由 CdS 控制器控制）	一次（由 Xpander 软件设置）	CamTrakker
数据日志	有，记录日期、时间、事件编号、具有已拍摄提示。存储量＞1000 件	有，记录日期、时间、事件编号、具有已拍摄提示。存储量＞1000 件	无	有，记录日期、时间、事件编号、具有已拍摄提示。存储量达 65,353 件，拍摄 99 张照片，999 个工作日	无

表 14（接上表）：研究中使用的红外感应器和照相机的对比

性能	**模拟信号**				**数字信号**
	TrailMaster ***TM 1550***	**TrailMaster** ***TM 550***	**CamTrakker** ***Original/Ranger***	**DeerCam** ***Scouting Camera***	**CamTrakker** ***数码***
电源要求					
电池	低能耗；超低温度持续工作 > 2 个月。使用寿命 1 年 8 节 2 号电池和 1 节锂离子电池	低能耗；超低温度持续工作 > 2 个月。使用寿命 6—12 个月 4 节 2 号电池和 1 节锂离子电池	0℃以下，2 号电池系统感应器设计使用寿命±2 周 4 节 2 号电池和 2 节 1.5 伏 5 号锂电池 *Ranger* 需要 6 伏密封铅酸蓄电池（厂家设计 0℃以下电池使用寿命 2-3 个月）	感应器使用寿命≤2-3 周；照相机电池使用寿命在低温下更短 29V 和 2 节 5 号电池设计使用 > 2 个月	高能耗。需要在野外充电 附带的 2 节镍氢充电电池一起使用。外侧另需 2 节 5 号电池
太阳能充电	能	能	能	能	能
低电量报警	能	能	否	能（液晶显示，有 Xpander 选择）	否
照相机					
照相机	可调节 35mm 口径的摄像头；模型年年更新 特征：抗恶劣天气，具日期和时间记录	可调节 35mm 口径摄像头；模型年年更新 特征：抗恶劣天气，具日期和时间记录	可调节 35mm 口径摄像头；模型年年更新 （Ranger 型号 Olympus Trip 505） 特征：具日期和时间记录	可调节 35mm 口径摄像头；Olympus Trip 505 特征：具日期和时间记录	Sony DSC-P41 CyberShot 4.1 百万像素数码，35mm 口径摄像头；模型年年更新 特征：记忆存储，USB 接口
拍摄延	可变范围大；6	可变范围大；6	可变范围大；20 秒	可变范围大；15	可变范围大；20

迟	秒至 99 分钟	秒至 99 分钟	至 45 分钟	秒至 60 分钟	秒至 45 分钟
价格（美元）					
单套/单机 **注意**:不包括附件	TM1550 感应器：260.00 TM 照相机：290.00	TM 550 感应器：180.00 TM 镜头：290.00	Ranger：229.95 Original：429.95	DeerCam DC200:150-200 Expander：50	数码：750.00
单套/两台照相机 注意:不包括附件	合计：890.00	合计：810.00	需两套完整设备。 合计：460-860	需两套完整设备。 合计：300-450	需两套完整设备。 合计：1500
注意：[1]所有型号在环境温度较高的条件下，灵敏度降低（Swann 等 2004） [2]我们测试了 Stealth Cam DIGRC-XRT 数码照相机。它具有 300 万像素分辨率的镜头，液晶显示屏和对角线发射的被动红外探测镜头，48 寸，探测距离约 30 英寸。性能与 CamTrakker Digital 相类似。需要 6 节五号电池，但若是采用配件中的太阳能电极板（使用 2100 毫安/时的镍锰蓄电池），电池使用寿命将大为延长。无定时拍摄功能，但拍摄延迟可以设置 1—60 分钟。					

表 15： 6-8 周集中式采用红外相机自动拍摄法进行种群估算的费用一览

选择	项目	数量	单项费用	总费用（美元）	小计
设备购买					
A	TM 感应器和 2 架照相机	20	950	19,000	19,000
B	DeerCam（批发价）	40	160	6,400	
B	DeerCam Xpander	2	35	70	
B	五号镍氢充电电池	80	3	240	
B	9V 镍氢充电电池	80	8.5	680	
B	AC/DC 电池充电器	2	25	50	7,440
A&B	Garmin™GPS	2	325	650	
A&B	Brunton™ 测高计	2	135	270	
A&B	测量尺，笔记本等			150	1,070
A&B 扎营设备	帐篷	2	250	500	
	睡袋	3	175	525	
	其他			300	1,325
拍摄耗材					
A&B	胶卷(Fuji24exp,ASA400 Print)	80	2	160	
A&B	冲洗费	80	8	640	
A	锂电池（Canon/TrailMaster）	40	5	200	
A	2 号劲量电池(TrailMaster)	160	0.9	144	
B	5 号劲量电池(DeerCam)	120	0.4	48	1,192
野地开销					

A&B	越野车租金（两辆租 6 天，每天 50）	2	300	600	
A&B	马匹（5 匹租 12 天，每天 10）	60	10	600	
A&B	食物（组队每天 40）	60	40	2,400	
A&B	旅馆（途中）	16	50	800	4,400
工资(月)					
A&B	国外科学家	2	5,000	10,000	
A&B	当地科学家	3	500	1,500	
A&B	野外助手(2)	4.5	100	450	11,950
调查报告准备和分发					
A&B	报告准备	固定		300	
A&B	复印	固定		100	
A&B	话费和交流	固定		250	650
单次研究开销				**A 选项**	**B 选项**
费 用 项目	设备购买（单次研究）			21,395	9,835
	成员工资(参考表末的节省开支)			11950	11950
	野地（吃住行）			6194	5898
	意外 2.5%（只用于野地和成员）			453.6	446.2
	总计			**39,993**	**28,126**
注意	选项 A 采用主动红外探测器(TrailMaster)。 选项 B 采用被动红外探测器(DeerCam)。要为每套 CamTrakker Ranger 准备密封铅酸蓄电池（$60—100）才能持续工作 6 个月。经费设计可以维持 60—80 天考察和 4 个人的野外食宿。如果训练当地人操作和监测照相机，成员经费将减少 60%甚至更多。假如设备分期 5 次研究支付，则总研究费用估计在$20,262-$22,877 之间。				

6.3 使用红外相机研究种群数量的费用

表15列出了在一名或多名经验丰富的生物学家的指导下，开展一项雪豹数量丰度估计研究和建立一个营地支持长达60天的野外研究的所有开销。显然，照相机监测雪豹数量的调查开销很大，尤其要在偏远的地方呆上6至8周或更久。除开工资和极具挑战的后勤补给外，数量充足的设备也相当昂贵，要是采用TrailMasters或同等质量的感应器，其花费就更大了。许多地方要依靠四轮驱动的越野车和/或步行或动物驮行才能到达，行程得花数天、一周甚至更长时间。

节省开支可以采用的办法包括：⑴训练并聘用所在国的生物学家；⑵建立样方普查而不是种群数量估计；⑶使用便宜的被动式红外相机；或者⑷雇佣训练有素的当地村民来维护和监控设备，就像雪豹保护协会在巴基斯坦北部Khunjerab国家公园的缓冲区域开展的雪豹保护。例如，通过聘用当地的生物学家组织和指导种群调查，费用将减少25％，从4万美元降低至3万美元，这笔钱包括买20台TrailMaster 1550 感应器和40台高品质的35毫米照相机（见表15）。

安全的羊圈

——与当地社区的合作

传统的羊圈用石头搭建，能圈住牲畜但无法阻止伺机捕食的雪豹的入侵。蒙受损失的牧民因此埋兽夹或下毒来报复雪豹。

在这里，牧民接受雪豹保护协会提供的材料、方法、培训新建了防捕食者的羊圈。参与的各方投入原材料、劳动力、技能或者是资金上给予支持。这一过程是通过高度的参与和全面的规划实现的，又称作 APPA 即自发参与性计划和行动。

图中，Hemis 国家公园的 Skyu-Kaya 村正在改造羊圈。（*摄影：Rinchen Wangchuk*）

6.4 红外相机自动拍摄法对雪豹生态及保护的影响

雪豹生存策略即 *SLSS*（Snow Leopard Survival Strategy）（McCarthy 和 Chapron 2003）强调有必要系统调查其在分布范围内不同地区的基本种群数量，并指出“过去的数量推测基于非常有限的调查，只不过是‘很好的猜测’。雪豹生存策略推荐使用红外相机探测法来普查不同地区的雪豹数量，并通过收集毛发做基因种群估计，联系 *SLIMS* 已知的种群数据，使这项技术成为更为有效的预测工具。

本手册中提到，使用红外相机自动拍摄法估计野生雪豹的主要限制包括样本规模小、购买设备和人员培训的初始金高、在偏远地方工作的开销大。尽管存在诸多的局限，但我们依然认为这种方法对普查和估计雪豹种群数量是切实可行的，尤其在一些密度为每 100 平方公里超过 2—3 只的地方。我们用统计上的“紧缩估计”分析了 Hemis 国家公园约 100 平方公里区域内的雪豹数量。在 M_0 空模型中的置信区间小，我们可以肯定这里的雪豹数量至少为 6 只，与每个季节探查到的总数相等。高的拍摄率（0.33—0.34）和重复率意味着在这块区域活动的雪豹大概都被记录在案。例如，通过使用了以下公式，在 2004 年调查中的 12 个情况下，一只动物都没拍到的概率很低：

$(1-p)^n$（如果 n 代表情况的次数，则未拍摄率随着指数 n 递增）

$(1-0.33)^{12}=0.0082$，12 个情况下的未拍摄率。

对于拍摄率低于 0.20 的调查，可以整合相连情况下的数据来达到我们推荐的最小拍摄率 0.3 或更大。如果估计种群数量不可行，红外相机自动拍摄方法至少可以得出最小种群数量，即每个拍摄夜晚拍到不同个体的数量，作为一个相对丰度的指标，前提是拍摄概率在不同拍摄地点或不同年份中保持一致，但事实情况并不如此（Carbone 等 2001, Jennelle 等 2002）。

Langu峡谷——雪豹生境地貌

雪豹的栖息地呈岛屿状、割裂开的、像照片上这种崎岖的地势，人迹罕至，但却是雪豹及其猎物生存的核心区域。

据推测，具有类似地形的区域为要在毗邻区定居的个体外迁提供了生存资源。这属于集合种群中有关种群动态的概念“资源—连接”。

考虑到红外相机自动拍摄法所需的人力、物力代价大，调查区域必须事先详细和策略性的规划。由于种群资料的极度匮乏，我们最先选择已知的雪豹“热点区”进行拍摄和基因调查，包括保护区及其毗邻地带，其中至少生存或潜在支持着 50-250+只繁殖雌体（Jackson 和 Ahlborn,1991）。地图除了采用位于英国剑桥的世界保护监控中心（World Conservation Monitoring Center，WCMC）出版的保护区地图或 WWF 编辑的物种和生态地图之外，还有由 Google 最新发布的基于因特网的三维地图工具—搜索地球（Google Earth™）（见附录 4.4）。这个免费的软件可以展现中亚雪豹分布区高清晰的地形图像，对定位极为有用。凭借这个工具，我们可以找出合适的雪豹栖息地，选择最佳的进入路线，并为估算所需设备数量和调查周期提供了很好的依据。

另一个需要考虑的关键因素是调查时间，这在第四章中已经讨论过了。雪豹在冬季和初春较为集中，夏季时最分散，这时捕食者和猎物都习惯性地迁移到较高海拔或人为干扰少的区域。出于红外相机自动拍摄法自身要求和对样方面积的考虑，在冬季开展研究较为合适。这样照相机可以架设在山谷边缘的较低海拔处，而夏季则必须架设在高耸的山脊，往往要经过艰难的攀爬才能抵达。在这种地形里攀爬是很花时间的。无论我们怎样强调先期调查的重要性都不为过，这样才能决定何时、何地、如何架设照相机来达到最佳的拍摄效果。种群估计的底线是⑴ 架设足够数量的照相机来获得高的拍摄率（≥0.20 -- 0.30）；⑵ 探查面积广以拍到足够数量的雪豹个体（最好 15 -- 20 只），再利用“拍摄捕获-标记-再捕获”的种群估算方法。

研究表明 Hemis 国家公园内的雪豹数量比先前估计的要多。假设良好生境每 100 km^2 约 6 只，边缘地带约 2—4 只，那么公园内大约有 175 只的雪豹，大大超过了 50—75 只（Fox 和 Norbu，1990），但接近 Mallon 和 Bacha（1989）的估计，他们认为公园内 1200 km^2 的区域含有 75—120 只。我们怀疑数据差异反映了最近开展的保护计划已取得了一定成效。保护计划通过降低牲畜损失、减少偷猎和报复性地猎杀来对雪豹及其猎物实施保护（Jackson 和 Wangchuk, 2001）。

目前确定雪豹数量的方法，即 *SLIMS*，使用痕迹作为丰度指标存在许多问题（见第三章，**Box A**）。急需找出更加有力的评估方法，必要时可采用 Jackknife 技术。不管怎样，我们建议红外相机自动拍摄法可以利用有蹄类猎物丰度的调查和标准的雪豹痕迹法作为支持和校准。因为调查得出的雪豹种群需要

足够数量的猎物来维持生存（野生有蹄类和家养的牲畜）。在尼泊尔用无线电项圈探查雪豹行踪模式的研究中，Jackson 和 Ahlborn（1984）估算它们每隔 10—15 天猎杀一只岩羊大小的猎物，每年约合 20—30 只。由此推断在 Langu 峡谷大约每只成年雪豹需要 150-230 只岩羊，再由岩羊的性别和年龄结构推出大约需要这块土地牧草总产出率的 13%。如果有旱獭和家畜的补给，需求量会降低，但尼泊尔的研究区域没有这两类动物。

雪豹的足印

迷一般的雪豹，尽管很罕见，但它的痕迹不难发现，只要你找准地方，只要雪豹数量还没有削减到临近消失点。可是在中亚高山区域的许多地方，雪豹都濒临灭绝。

这个新鲜的足印是傍晚在一个高地发现的。

我们探测到种群组成在 2003 年和 2004 年之间的变化。最强壮的雄性雪豹 HNP-1 从 2001 年起是上镜率最高的（2001 年用遥感摄像机探测到），最后被自动相机拍摄到是在 2003 年的 12 月 23 日。我们相信它在家域中的空缺由 2004 年自动相机调查期间出现的 4 只新豹填补。自 2001 年 2 月起几部摄像机陆续拍摄拍到 HNP-1 和母豹 HNP-2 以及两只幼崽。在幼崽 14 个月左右的时候，母豹缺失（尽管幼崽还不能完全自立）。从 2001 年初到他最后一次被拍摄到，HPN-1 总共被拍摄到至少十多次。2001 年至 2004 年间，我们探测到 HNP-2 育有两窝幼崽（一窝于 2001 年 2 月，另一窝于 2004 年 2 月；每窝两只）。2003 年 2 月中旬时的拍摄显示，HNP-2 于与 HNP-1 结成配偶。2004 年的调查中第二只雌豹（HNP-9）带着她的唯一的幼崽出现在调查边缘区域。这些观察可能暗示这片区域内存在着一个健康的同生繁殖群，而且数量稳定。红外摄像法可以揭示最低种群数量，这些资料对评估保护方法的长期效果非常有用。但是，我们无法正确判定拍到个体的性别、年龄，也不大能区分定居者和迁移者。如果是一只母豹领着幼崽或频频上镜的雄豹，则肯定是定居者。我们判断“常驻居民”的标准是在同一区域活动连续的数个季节或数年，或至少 6 个月的成年或次成年雪豹(Hemker 等 1984)。Karanth 和 Nichols(2002)指出监控雌性定居者的数量变化是评估一特定种群趋势最为可靠的方法，以及判定是否有多余的个体分散到周边。

要建立红外相机自动拍摄法在不同生境条件下的抽样参数需要进行更多的研究。但是获取完整的数量估计代价高、耗时、并不适用于所有情况。经过一定培训的野生动物看护人员或当地村民利用价格便宜

的被动式红外感应照相机长期在雪豹出没的岩石嗅痕处进行数量监测不失为一个办法。对拍到个体的辨认能得到种群的最小数量估计和在监测区域内的居住时间。在样方规模允许和照相机覆盖范围足够大的情况下，简单的拍摄历史能够区分已知或比较确定的定居个体还是过境个体、分散出去的或是死亡的个体。了解每只雪豹专属的活动范围，当地村民可能更愿意保护这难得一见的食肉动物。基于社区的努力才是可持续的保护战略，我们必须致力于使当地人，特别同政府、当地的非政府组织（NGO）携手，一起监测雪豹及其猎物的种群动态。永远依靠外来的研究者实现保护目的是不现实的，而应该致力于完善红外拍摄监测法，努力寻找非侵犯性的新技术来监测雪豹——这种难以捉摸的濒危捕食者。

参考文献

Ahlborn, G.A. and R.M. Jackson. 1988. Marking in free-ranging snow leopards in west Nepal: a preliminary assessment. Pages 25-49 In: H. Freeman (ed). Proceedings 5th International Snow Leopard Symposium. October 1986, Srinagar, Jammu and Kashmir, India. International Snow Leopard Trust, Seattle and wildlife Institute of India, dehradun, India. 269 pages.

Beier, P. and S.C. Cunningham. 1996. Power of track surveys to detect changes in cougar populations. Wildlife Society Bulletin 24(3):540-546.

Blomqvist, L. and V. Nystroem. 1980. On identifying snow leopards by their facial markings. International Pedigree Book of Snow Leopards 2:159-167.

Boulanger, J. and B. McLellan. 2001. Closure violation in DNAbased mark-recapture estimation of grizzly bear populations. Canadian Journal of Zoology 79:642-651.

Boulanger, J., G.C. White, B.N. McLellan, J. Woods, M. Proctor and S. Himmer. 2002. A meta-analysis of grizzly bear DNA mark-recapture projects in British Columbia. Ursus 13:137-152.

Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J.R. Ginsberg,M. Griffiths, J. Holden, K. Kawansihi, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D.W. MacDonald, D. Martyr, C. McDougal, L. Nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, D.J.L. Smith, M. Sunquist, T. Tilson, and W.,N. Wan Shahruddin.2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic animals. Animal Conservation 4:75-79.

Chundawat R.S. and G.S. Rawat. 1994. Food habits of snow leopard in Ladakh. Pages 127-132 In: Proceedings of the Seventh International Snow Leopard Symposium. Editors J.L. Fox and Du Jizeng. July 25-20, 1992, Xining, Qinghai, China. International Snow Leopard Trust, Seattle.

Cutler, T.L. and D.E. Swann. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. Wildlife Society Bulletin 27(3):571-581.

Ernest, H.B., M.C.T. Penedo, B.P. May, M. Syvanen and W.M. Boyce. 2000. Molecular tracking of mountain lions in the yosemite Valley region in California: genetic analysis using microsatellites and faecal DNA. Molecular Biology 9:433-441.

Foran, D.R., K.R. Crooks and S.C. Minta. 1998a. Species identi-fication from scat: an unambiguous genetic method. Wildlife Society Bulletin 25(4):835-839.

Foran, D.R., S.C. Minta and K.S. Heinemeyer. 1998b. DNAbased analysis of hair to identify species and individuals for population research and monitoring. Wildlife Society Bulletin 25(4):840-847.

Fox, J.L. 1994. Snow leopard conservation in the wild - a comprehensive perspective on a low density and highly fragmented population. Pages 3-15 In: Proceedings of the Seventh International Snow Leopard Symposium. Editors J.L. Fox and Du Jizeng. July 25-20, 1992, Xining, Qinghai, China. International Snow Leopard Trust, Seattle.

Fox, J. L. and C. Nurbu. 1990. Hemis, a national park for snow leopard in India' s trans Himalaya. International Pedigree Book of Snow Leopards 6: 71 84.

Grigione, M.M.; Burman, P.; Bleich, V.C., and Pierce, B.M. 1999. Identifying individual mountain lions *Felis concolor* by their tracks: refinement of an innovative technique. Biological Conservation 88(1):25-32.

Harrison, R. L., D.J. Barr and J.W. Dragoo. 2002. A Comparison of Population Survey Techniques for Swift Foxes (*Vulpes velox*) in New Mexico. American Midland Naturalist 148 320-337.

Heilbrun, R.D., N.J. Silvy, M.E.Tewes and M.J. Peterson. 2003. Using automatically triggered cameras to individually identify bobcats. Wildlife Society Bulletin 31(3):748-755.

Hemker, T.P., F.G. Lindzey, and .B.Ackerman. 1984. Population characteristics and movement patterns of cougars in southern Utah. Journal Wildlife Management 48(4):1275-1284.

Henschel, P. and J. Ray. 2003. Leopards in African Rainforests:Survey and Monitoring Techniques. Global Carnivore Program, Wildlife Conservation Society. 50 pages. Available from: http://www.savingwildplaces.com/media/file/lowleopard.pdf

Jackson, R.M. 1996. Home range, movements and habitat use of snow leopard (*Uncia uncia*) in Nepal. Ph.D. Thesis, University of London, England. 233 pages.

Jackson R. and G. Ahlborn 1984. A preliminary habitat suitability model for the snow leopard (*Panthera uncia*). International Pedigree Book of Snow Leopards 4:43-52.

Jackson, R and D. Hillard. 1986. Tracking the elusive snow leopard. National Geographic Magazine 169(6):793-809.
Jackson, R. and G. Ahlborn. 1989. Snow leopards (*Panthera uncia*) in Nepal: home range and movements. National Geographic Research 5(2):161-175.

Jackson, R. and G. Ahlborn. 1991. The role of protected areas in Nepal in maintaining viable populations of snow leopards. Pages 51-69 In: Blomqvist, L. (ed). 1984. *International Pedigree Book of Snow Leopards.* Helsinki, Finland. Volume 6.

Jackson, R. and D.O. Hunter. 1996. Snow Leopard Survey and Conservation Handbook. International Snow Leopard Trust, Seattle, and U.S. Geological Survey, Biological Resources Division. 154 pages + appendices.

Jackson, R. and J.L. Fox. 1997. Snow Leopard Conservation: accomplishments and research priorities. Pages 128-145 In: R. Jackson and A. Ahmad (editors). Proceedings of the 8th International Snow Leopard Symposium, November 199 , Islamabad, Pakistan. International Snow Leopard Trust, Seattle and WWF-Pakistan, Lahore.

Jackson, R., D.O. Hunter and C. Emmerich. 1997. *SLIMS* – an information management system for promoting the conservation of snow leopards and biodiversity in the mountains of Central Asia. Pages 75-91 In: R. Jackson and A. Ahmad (editors). Proceedings of the 8th International Snow Leopard Symposium, November 1995, Islamabad, Pakistan. International Snow Leopard Trust, Seattle

and WWF-Pakistan, Lahore.

Jackson, R., J.D. Roe, R. Wangchuk and D.O. Hunter. In review. Estimating snow leopard population abundance using photographic identification and capture-recapture techniques. Ms. submitted to Wildlife Society Bulletin.

Jennelle, C.S., M.C. Runge and D.I. Mackenzie. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic animals: a comment on misleading conclusions. Animal Conservation 5:119-120.

Jones, L.C. and M.G. Raphael. 1993. Inexpensive camera systems for detecting martens, fishers, and other animals: guidelines for use and standardization. US Forest Service, Pacific Northwest Research Station publication PNW-GTR-306

Joslin, P. 1988. A phototrapline for cold temperatures. Pages: 121-128 In: H. Freeman (ed). Proceedings.5th International Snow Leopard Symposium. October 1986, Srinagar, Jammu and Kashmir India. International Snow Leopard Trust and Wildlife Institute of India, Seattle, Washington. 269 pages.

Karanth, K.U. 1995. Estimating tiger (*Panthera tigris*) populations from camera trap data using capture-recapture models. Biological Conservation 71(3):333-338.

Karanth, K.U. and J.D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. Ecology 79(8):2852-2862.

Karanth, K.U. and J.D. Nichols (eds). 2002. Monitoring Tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India. 193 pages.

Karanth, U.K, R.S. Chundawat, J.D. Nichols, and N.S. Kumar. 2004. Estimation of tiger densities in the tropical dry forests of panna, Central India, using photographic capture–recapture sampling. Animal Conservation 7(3):285-290.

Karanth, U.K., J.D. Nichols, J. Seidensticker, E. Dinerstein, J.L.D. Smith, C. McDougal, A.J.T. Johnsingh, R.S. Chundawat and V. Thapar. 2003. Science deficiency in conservation practices: the monitoring of tiger populations in India. Animal Conservation 6:1-10.

Kelly, M. J. 2001. Computer-aided photograph matching in studies using individual identification: an example from Serengeti cheetahs. Journal of Mammalogy 82(2):440-449.

Kendall, K.C., L.H. Metzgar, D.A. Patterson and B.M. Steele. 1992. Power of sign surveys to monitor population trends. Ecological Applications 2(4):422-430.

Kohn, M.H., E.C. York, D.A. Kamradt, G. Haught, R.M. Sauvajot and R.K. Wayne. 2001. Estimating population size by genotyping faeces. Proceedings of the Royal Society of London Volume B 266:657-663.

Lancia, R.A., J.D. Nichols and K.H. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations. Pages 215-253 In: Bookhout, T. A. (editor). Research and management techniques for wildlife and habitats. Bethesda, Maryland: The Wildlife Society; 740 pages.

Lewison, R., E.L. Fitzhugh and S.P.

Galentine. 2001. Validation of a rigorous track classification technique: identifying individual mountain lions. Biological Conservation 99:313-321.

Lorenzini, R., M. Posillico, S. Lovari and A. Petrella. 2004. Noninvasive genotyping of the endangered Apennine brown bear: a case study not to let one's hair down. Animal Conservation 7(2):199-209.

Mace, R. D., S.C. Minta, T.L. Manley, and K.E. Aune. 1994. Estimating grizzly bear population size using camera sightings. Wildlife Society Bulletin. 22(1):74-83.
Mackenzie, D., J.D. Nichols, G.B. Lachman, S. Droege, J.A. Royle, and C.A. Langtimm. 2002 Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. Ecology 83 (8):2248-2255.

Mackenzie, D.I., Nichols, J.D., Hines, J.E., Knutson, M.G., Franklin, A.D. 2003. Estimating site occupancy, colonization and local extinction when a species is detected imperfectly. Ecology 84:2200-2207.

Maddock, A.H., and M.G.L. Mills. 1994. Population characteristics of African wild dogs *Lycaon pictus* in the Eastern Transvaal lowveld, South Africa, as revealed through photographic records. Biological Conservation 67:57-62.

Maffei, L.E. Cuellar and A. Noss. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. Journal Zoology London 262:295-304.

Mallon D. P. and M. S. Bacha. 1989. An ecological survey of Hemis National Park, Ladakh. Unpublished Report, Department of wildlife protection, Srinagar, Jammu and Kashmir, India.

McCarthy, T.M. 2000. Ecology and conservation of snow leopards, Gobi brown bears and wild Bactrian camels in Mongolia. PhD Thesis, University of Massachusetts, Amherst.

McCarthy, T.M. and G. Chapron (editors). 2003. Snow Leopard Survival Strategy. International Snow Leopard Trust and Snow Leopard Network, Seattle, USA. 105 pages

McCarthy, T. and B. Munkhtsog, 1997.Preiminary Assessment of Snow Leopard Sign Surveys in Mongolia. Pages 57-65 In: Jackson, R. and A. Ahmad (editors). Proceedings of the Eighth International Snow Leopard Symposium, November 1995, Islamabad, Pakistan. International Snow Leopard Trust and WWF-Pakistan, Lahore.

McDaniel, G. W., K.S. McKelvey, J.R. Squires and L.F. Ruggiero. 2000. Efficacy of lures and hair snares to detect lynx. Wildlife Society Bulletin 28(1):119-123.

Mills, L.S., J.J. Citta, K.P. Lair, M.K. Schwartz, and D.A. Tallmon.2000. Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: promise and pitfalls. Ecological Applications 10:283-294.

Mills, M.G.L., J.M. Juritz and W. Zucchini. 2001. Estimating the size of spotted hyaena (*Crocuta crocuta*) populations through playback recordings allowing for non-response. Animal Conservation 4:335-343.

Miththapala, S., J. Seidensticker, L.G. Phillips, S.B. Fernando and J.A. Smallwood. 1989. Identification of individual

leopards (*Panthera pardus kotiya*) using spot pattern variation. Journal Zoology (London) 218:527-536.

Morrison, M.L., B.G. Marcot and R.W. Mannan. 1992. Wildlife-Habitat Relationships: concepts and applications. The University of Wisconsin Press, 343 pages.

Moruzzi, T.L., T.K. Fuller, R.M. DeGraaf, R.T.Brooks, and Wenjun Li. 2002. Assessing remotely triggered cameras for surveying carnivore distribution. Wildlife Society Bulletin. 30(2):380-386.

Mowat, G. and C. Strobeck. 2000. Estimating population size of grizzly bears using hair capture, DNA profiling and mark-recapture analysis. Journal of Wildlife Management 64(1):183-193.

Nichols, J.D. 1992. Capture-Recapture Models: using marked animals to study population dynamics. BioScience. 42(2):94-102.

Nowell, K. and P. Jackson. 1996. Wild Cats: Status Survey and Action Plan. Cambridge: IUCN/Species Survival Commission, Cat Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, England. 382 pages.

O'Brien, T.G., M.F. Kinnard and H.T. Wibisono. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. Animal Conservation 6:131-139.

Otis, D.L., K.P. Burnham, G.C. White and D.R. Anderson. 1978.Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monograph 62:135 pages.

Piggott, M.P. and A.C. Taylor. 2003. Remote collection of animal DNA and its application in conservation management and understanding the population biology of rare and cryptic species. Wildlife Research 30:1-13.

Pollock, K.H., J.D. Nichols, C. Brownies and J.E. Hines. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. Wildlife Monographs 107:97 pages.

Rexstad, E., and K. P. Burnham. 1991. User's guide for Interactive Program CAPTURE. Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Riordan, P. 1998. Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints. Animal Conservation 1:253-262.

Salafsky, N. and R. Margolius. 1999. Threat Reduction Assessment: a practical and cost-effective approach to evaluating conservation and development projects. Conservation Biology 13(4):830-841.

Sanderson, E.W., K.H. Redford, C.B. Chetkiewicz, R.A. Medellin, A.R. Rabinowitz, J.R. Robinson and A.B. Taber. 2002. Planning to Save a Species: the Jaguar as a Model. Conservation Biology 16(1):58-72.

Sharma, S., Y.V. Jhala and V.B. Sawarakar. (2003). Gender discrimination of tigers using their pugmarks. Wildlife Society Bulletin 31(1):258 – 264

Sharma, S., Y.V. Jhala and V.B. Sawarakar, V. B. (In review). Identifying individual tigers using their pugmarks.

Silver, S. 2004. Assessing jaguar abundance using remotely triggered cameras. Jaguar Conservation Program, Wildlife Conservation Society, New York. 25 pages.

Silver, S.C., L.E.T. Ostro, L.K. Marsh, L. Maffei, A.J. Noss, M.J. Kelly, R.B. Wallace, H.Gómez, and G.Ayala. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. Oryx 38(2):148-154.

Smallwood, K.S. and E.L. Fitzhugh. 1993. A rigorous technique for identifying individual mountain lions *Felis concolor* by their tracks. Biological Conservation 65(1):51-59.

Smallwood, K.S. and L.E. Fitzhugh. 1995. A track count for estimating mountain lion *Felis concolor californica* population trend. Biological Conservation 71:215-259.

Stander, P.E. 1998. Spoor counts as indices of large carnivore populations: the relationship between spoor frequency, sampling effort and true density. Journal of Applied Ecology 35:378-385.

Stander, P.E, Ghau, D. Tsdisaba and others. 1997. Tracking and the interpretation of spoor: a scientifically sound method in ecology. Journal of Zoology 242:329-341.

Stanley, T.R and K.P. Burnham. 1999. A closure test for timespecific capture-recapture data. Environmental and Ecological Statistics 6:197-209.

Sunquist, M. and F. Sunquist. 2002. Cats of the World. University of Chicago Press, Chicago. 452 pages.

Swann, D. E., C.C. Hass, D.C. Dalton and S.A. Wolf. 2004. Infrared-triggered cameras for detecting wildlife: an evaluation and review. Wildlife Society Bulletin 32(2):357-365.

Taberlet, P., L.P. Waits and Luikart, G. 1999. Noninvasive genetic sampling: look before you leap. Tree 14(8):323-327.

Thompson, W.L., G.C. While and C. Gowan. 1998. Monitoring vertebrate populations. John Wiley, New York. 365 pages.

Trolle, M. and M. Kery. 2003. Estimation of ocelot density in the pantanal using capture-recapture analysis of camera-trapping data. Journal of Mammalogy 84(2):607-614.

Van Sickle, W.D. and F.G. Lindzey. 1992. Evaluation of road track surveys for cougars (*Felis concolor*). Great Basin Naturalist 52(3):232-236.

Wegge, P., C.P. Pokheral and S.R. Jnawali. 2004. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. Animal Conservation 7(3):251-256.

White, G.C., D.R. Anderson, K.P. Burnham and D.L. Otis. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory, LA 8787-NERP, Los Alamos, New Mexico. 235 pages.

Willams, B.K., J.D. Nichols, and M.J. Conroy. 2002. Analysis and management of animal populations. Academic Press, San Diego.

Wilson, G.J. and R.J. Delahay. 2001. A

review of methods used to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field signs and observation. Wildlife Research 28:151-164.

Wintle, B.A., M.A. McCarthy, K.M. Parris and M.A. Burgman. 2004. Precision and bias of methods for estimating point survey detection probabilities. Ecological Applications 14(3):703-712.

Woods, J.G., D. Paetkau, D. Lewis, B.N. McLellan, M. Procter and C. Strobeck. 1999. Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. Wildlife Society Bulletin 27 (3):616-627.

York, E. C., T.L. Moruzzi, T. K. Fuller, J.F. Organ, R.M. Sauvajot and R.M. DeGraaf. 2001. Description and evaluation of a remote camera and triggering system to monitor carnivores. Wildlife Society Bulletin. 29(4):1228-1237.

Zielinski, W.J. and T.E. Kucera. 1995. Survey methods for the detection of wolverines, lynx, fishers and martens. USDA Forest Service General Technical Report PSW-157.

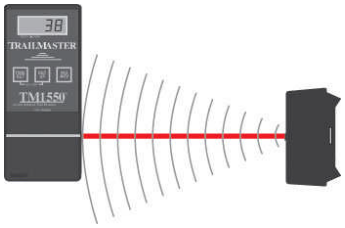
Zielinski, W.J. and H.B. Stauffer. 1996. Monitoring *Martes* populations in California: survey design and power analysis. Ecological Applications 6:1254-1267.

本手册中所有红外照相机拍摄的照片的版权归雪豹保护协会(Snow Leopard Conservancy)所有。

除特别注明摄影者，本手册其它照片由 Rodney Jackson 拍摄。

《国家地理杂志》封面照片版权归该杂志所有。

*附录1-A：*TrailMaster在野外的安装



出野外前的准备

- ✧ 确保自动感应设备及相机有新换的电池。
- ✧ 确保相机的连接线及连接设备都完好无损并能正常工作。
- ✧ 确保相机镜头干净。
- ✧ 确保**所有**必需装备的齐全（如：连接线、电池、三角架等）。
- ✧ 在将自动感应设备（TrailMaster）安装于野外前，首先需要调整好相机的日期、时间及其它有关设置。

检验电池的情况

电池缺电时接收器会显示［Lo b］;

打开传送器时传送器底部的发光二极管会立即闪现红光。关闭传送器时红色发光二极管会在几秒钟后短暂闪烁。出现以上两种情况的任何一种时都说明电池性能良好。

在安装新的电池时，需要注明每节电池的日期（日月年，如：14AUG03）并将其记录在数据表中。电池的电压至少为 1.5V。

设置时间，日期，灵敏度和相机延迟时间

拨动底部开关打开接收器

按时间设置键（TIME SET），按R/0 ADV设置正确的小时（**00**:00）

按时间设置键（TIME SET），按R/0 ADV设置正确的分钟（00:**00**）

按时间设置键（TIME SET），按R/0 ADV设置正确的年份（20**0**2）

按时间设置键（TIME SET），按R/0 ADV设置正确的年份（200**2**）

按时间设置键（TIME SET），按 R/0 ADV 设置正确的月份(**0**:00)

按时间设置键（TIME SET），按 R/0 ADV 设置正确的日期(0:**00**)

按时间设置键（TIME SET），按 R/0 ADV 设置正确的 P-value 值(-P **5**)[1]

按时间设置键，按 R/0 ADV 设置正确的 Cd-value 值(Cd **.3**)[2]

[1]. P-value 表示该系统的灵敏度，其值的范围在 1 到 30（1＝0.05 秒，30＝1.5 秒）。在 2003-2004 年的研究中我们所使用的系统默认值为 p-value＝5 或 1/4 秒。在使用中如果出现问题，我们建议将 p-value 值提高到 8-15 以减少错误的

感应。

2. Cd 或相机的延迟功能可以防止相机在预先设定的 0.1 分钟到 98 分钟的时间范围内被触发。这一特性能可以防止当某一动物长时间站在相机前时，一整卷的胶卷仅用于某一个动物上。我们目前使用的是 Cd=.3，这样当一张照片照完后 18 秒内相机不会再照另一张。

设置时间区域（使用于24小时制）

先按住时间设置按钮（TIME SET）再按设置按钮（SET UP）。

按 R/0 ADV 设置小时区间，从 1 开始（**00**:1n）

按 R/0 ADV 设置分钟区间，从 1 开始(1n:**01**)

按 R/0 ADV 设置小时区， 由 1 结束(**00**:1F)

按 R/0 ADV 设置分钟区，由 1 结束(1F:**00**)

按 R/0 ADV 设置小时区，从 2 开始（**00**:2n）

按 R/0 ADV 设置分钟区，从 2 开始(2n:**01**)

按 R/0 ADV 设置小时区，由 2 结束(**00**:2F)

按 R/0 ADV 设置分钟区，由 2 结束(2F:**00**)

TrailMaster1500/1550 能够连续工作，也能够在 24 小时内分 1 或 2 个时间区工作。例如，要在凌晨或黄昏时段拍摄雪豹，可以将时间区 1 设置为早晨 4 点开始 7 点结束，将时间区 2 设置为下午 7 点开始 10 点结束。大多数情况下我们都使用 TrailMaster 连续收集数据的模式。这只需要将时间区 1 设置在早晨 12：01，而不用设置其结束时间（如：都为 0）。因为这样时间区 2 的起作用时间就都默认为 0。

设置相机的可记录日期和时间状态

- ✧ 确保镜头干净。
- ✧ 确保电池性能良好。
- ✧ 设置正确的日期、时间，并将相机调到可记录“月/日/年”状态。
- ✧ 有些相机具有全景拍摄功能，要确保相机没有选择该功能。
- ✧ 有些相机的自动闪光模式具有防红眼拍摄功能，这会增加相机的延迟时间。在操作模式设置中**取消**此功能，因为我们只需要使用相机的闪光模式。
- ✧ 连接好相机的连接线，并确保其不会干扰镜头。

野外安装及调试

1. 检查设置归 0，先按设置键（SET UP），再按 R/O ADV 键，清除所有的数据记录。窗口会显示“clr”，这时按时间设置键（TIME SET）清除数据记录。
2. 注意：红外感应器对直接的太阳光照射很敏感。因此接收器和传送器应避免早晚阳光的直接照射。
3. 自动感应设备应该沿着活动比较丰富的嗅迹岩石和抓痕及山脊线处架设，可选一处狭窄的痕迹线或山脊线，使雪豹只能从所架设的相机前通过而没有别的选择。
4. 相机应该被架设在离嗅迹岩石或抓痕 2-3 米处。这样雪豹在探查岩石嗅迹时，能确保雪豹始终以同一个姿态被拍摄而不是变换不同的姿态。确保相机能拍摄到雪豹的整个身体而不只是头部。这就意味者每架相机所架设的位置距雪豹所经过的路径大约为 3 米的距离。并保证相机在安装期间为关闭状态。连接接收器、多台相机触发器和相机之间的连接线。可参考第 4 章的图 4 – 图 6。
5. 安装接收器和传送器：
   - ✓ 这些设备应该安装在垂直于痕迹线或山脊线，离嗅迹岩石及抓痕约 2－3 米的位置。
   - ✓ 设备之间相隔 3-5 米的距离。
   - ✓ 这些设备安装的高度大约为一只成年雪豹的胸高，例如高于痕迹线或者雪豹要经过的地面 40 厘米处。
6. 调试接收器和传送器
   - ✓ 确保接收器和传送器都已经打开（在底部拨开开关）。
   - ✓ 按设置键（SET UP），传送器对准接收窗口时会闪红灯。
   - ✓ 将传送器上下或左右移动，直到其对准接收窗口的中心处。
   - ✓ 设备调整好后，接收器 4 分钟后会自动进入获取数据模式。当红灯闪烁时，按时间设置键（TIME SET）也可以手动调到自动获取数据模式。
7. 将周围会干扰红外线光束传输及照相机视野的植被都除去，并确保这些装置都安装稳妥不会被轻易移动。
8. 安装好自动感应照相设备（TrailMaster）后，在安装区域内快速走动以检测设备是否正常工作。在显示窗口应该可以读到 1。
9. 如果自动感应设备（TrailMaster）能正常工作，则在打开相机后离开此地。

一定要填写每一个拍摄地点的数据信息表！！

检查数据记录

按 R/O ADV，日期、时间和事件数会在每次按 R/O ADV 时连续显示。查看某一事件的时间时，在第一个和第二个数字间显示的时间段即为照片被拍摄时间。记录所有的数据，然后按照第 1 步中所介绍的清除事件记录。

胶卷贴标签的规则

给每一个胶卷贴上日期标签（日/月/年，如 20/01/2003），同时给每个装好胶卷和自动感应设备（TrailMaster）的相机贴上标签（如：P－3；TM10），注意要使用不退色的标记笔。在数据表中记录胶卷张数、制造者及胶卷速度。设备安装好后要在**离开前**做测试，记下每个相机的当前帧号。在收集胶卷时，记得将收集日期（日/月/年）标记在装胶卷的小盒上，并在相关数据表中记录已经拍摄照片的编号。

电池贴标签的规则

记录每个电池在第一次安装时的日期（日-月-年）。世界上通用的记录方式为“日-月-年”而美国所采用的方式为“月-日-年”，因此我们需要将月用英文拼写出来以做区分（如：14AUG02），并且记录在数据表中。不要在自动感应设备（TrailMaster）中使用低质量的电池，最好只使用由美国制造的Duracell电池，确保电池的电压不低于1.5伏。

我们能通过显示的日期确定电池在不同的条件下可持续使用的时间（如：冬季和夏季相比较）。质量好的电池能确保自动感应设备（TrailMaster）持续使用8个月以上。因此，要定期检查电池电量（冬季使用2个月后，夏季使用4个月后）。

自动感应设备（TrailMaster 1550）及相机配置简介

接收器：			相机：
开	＝	下午3点– 早晨11点	安装参照第6节（第4章）
延迟时间	＝	0.1（6秒）	给相机安装胶卷并选择显示日期模式
脉冲率	＝	5	
密码	＝	1234（例如）	
拍摄高度	＝	40厘米（16英尺）	

野外设备：

TM（接收器，传送器，2个相机带两根连接线，1个带连接线的多功能触发器，相机三脚架，电池和胶卷）

卷尺	胶卷（ASA400或200，仅供白天使用）
不褪色的黑色签字笔	镜头纸、刷或清洗液
螺丝起子	GPS（用于确定位置）
管道胶带	罗盘（用于记录地貌）
数据表（安装及活动的记录）	高度计（用于测量海拔）
备用相机电池	钢笔和铅笔若干
C电池	

重要提示：

- ✧ 避免接收器和传送器受到早晚太阳光的直接照射（因为那样会使感应红外信号触发TM）。最好将接收器朝北放置，传送器朝南放置（这要比东西向放置好）。根据需要，可将监测器藏在岩石后、山脊处或悬崖上。理想的是将传送器和接收器放置在距地面40厘米或18英尺的高度，避免受到积雪的影响，不要将其放置在能被雪覆盖或堆积到的地方。也可以考虑在每次降雪过后立即到监测地把积雪清扫干净。在把监测器安置在巨石边时，要尽量确保雪不会融化，不然在感应窗口（或镜头）前结的冰和冰柱会触发快门！
- ✧ 避免将相机对准天空，那样下雪的时候会影响拍照。另外，要将相机置于岩石或某防护物下，以免受到降雪或降雨影响，并且上面不会有其他遮物使降雪或其他障碍物影响镜头（看图片），保证相机罩不会影响闪光。
- ✧ 必须**非常认真**地填写所有的数据表：检查填写信息，确定已记录下你的姓名、日期、相机数量、胶卷数、更换新胶卷的号、痕迹出现情况、任何不工作的设备和必须要修理的设备及增加的电池等信息。
- ✧ 如果相机被移到到其他位置，一定要在新的数据表和原来的数据表中都记录此位置的变化！
- ✧ 也要记录胶卷变动的情况。确保作了记录，编号应该和正确的相机拍摄位置对应。

*附录1-B：*自动拍摄设备CamTrakker在野外的安装

相机的初步安装

1. 确保电池是新的（需要4节C－cell电池），并正确插入电池（负极对着弹簧）
2. 将红色开关键设置为“持续，相机延迟20秒”如下：O
   a) 转换＃1－“开”（或者向上）
   b) 转换＃2－“关”（或者为向下）
   c) 转换＃3－“关”（或者为向下）
   d) 转换＃4－“关”（或者为向下）
   e) 转换＃5－“关”（或者为向下）
   f) 转换＃6－“开”（或者为向上）
   g) 转换＃7－“关”（或者为向下）
   h) 转换＃8－“开”（或者为向上）
3. 设置正确的日期和时间
   a) 将日期（Date）按钮向下按2秒
   b) 会顺序出现日/月/年
   c) 输入正确的日期，使用“Tele”按钮来增加数字，或者用”Wide”按钮来减少数字
   d) 选择日/月/年为照片标记日期
4. 给相机安装胶卷
   a) 将胶卷号写在胶卷的滚轴上，并记录在数据表中
5. **打开**相机开关并放回装有泡沫塑料和盖子的装置盒内
6. 确定照相设备（CamTrakker）**关闭**（在盒子外面有黑色可推动按钮）
   a) 通过在盒子前移走Velcro标签来进行检验，即当你的手从红外感应口前经过时，闪现红灯（关），而不是绿灯（开）。

野外安装

1. 注意：红外感应器对太阳光线的直射非常敏感，因此设备不应对着会受到阳光直射的清晨或午后。
2. 照相设备CamTrakker应当沿着雪豹活动较多的嗅迹岩石或抓痕处安装，或沿着其活动痕迹和山脊线安装。
3. 该设备（CamTrakker）应当放置在距嗅迹岩石大约3－5米处。这是一个估计值，使用者应当将相机放在可以拍摄到完整的雪豹的地方。可查看第4章4－6节内容。
4. 将该设备（CamTrakker）安装在大约一只成年雪豹的胸高位置，例如高于痕迹线或者雪豹要经过的地面40厘米

处，并且距离雪豹可能经过的地方约3米处。

5. 清除所有可能干扰感应器的植被、岩石等物。

6. 当设备（CamTrakker）架设在一个理想的位置后，拿开遮盖物对其进行测试（应打开相机）。在雪豹可能走的路线上从感应设备前经过，当经过感应设备的正前方时其右下部的红灯会亮，如果红灯不亮，则需要重新调整CamTrakker指向或者刚好低于你的膝盖。

7. 完成全部的安装后，推动设备盒外面的开关将其打开，这时当你的手从红外感应器前经过时，红灯会变绿。

8. 拿开遮盖物。

9. 记住，在CamTrakker被打开后并开始拍照前，你只有很短的时间离开，所以要迅速离开。

一定要填写每一个拍摄地点的数据信息表！！

自动拍摄装备架设地点表格1

附录2-A：自动拍摄装备架设地点的特性

表格编号：_____**日期（日/月/年）：**_____

地点编号：_____**地点名称：**_____

调查人：_____**GPS 纬度/经度:** _____

海拔：_____**传感器ID号：**_____**相机ID号：**_____**&**_____

如果传感器/相机被移动位置，在这里标注出新的位置：_____

吸引雪豹的特征类型 （选择能最好的描述地点特征的项目） ☐行进通道 ☐岩石嗅迹 ☐擦痕地点 ☐被杀 ☐痕迹 ☐畜栏 ☐其他（描述特征）： **痕迹类型**（从以下选择一项最合适的描述） ☐ 很容易识别	**位置倾斜度** ☐低 ☐中 ☐高 **栖息地险峻度** ☐悬崖 ☐破碎 ☐深度破碎 ☐滚石 ☐平坦或谷底 **地形特征** ☐ 悬崖 ☐ 山脊 ☐ 山坡 ☐ 谷底 ☐ 河床 ☐ 堆石 **植被类型**

☐ 容易识别 ☐ 难以识别或不容易看到 **主要地表特征**（从以下选择一项最合适的描述）： ☐多岩石 ☐多碎石 ☐沙地 ☐地表良好（很容易留下痕迹的泥沙，肥土及灰尘） **雪豹的痕迹**（在15分钟内记录所有的标记，包括数量和时间） <u>足迹：</u> 尺寸大小： 时间等级： <u>擦痕：</u> 出现的数量： 大小： 时间等级： <u>岩石嗅迹：</u> 出现的数量： 时间等级： <u>粪团：</u> 出现的数量： 时间等级： **猎物标记**（列出物种及标记类型）：	☐贫瘠 ☐草地 ☐灌丛 ☐林地 ☐谷地/耕地 ☐其他（请描述出）： **牧场（放牧）用地**（从以下选择一项最合适的描述）： 季节性： ☐春季 ☐夏季 ☐冬季 非季节性：☐全年使用 ☐没有使用 **人类影响（包括牧民）**：（从以下选择一项最合适的描述） ☐每天 ☐每周几次 ☐每周一次 ☐每月一次 ☐很少 **画出该地方的简图**： （包括传感器和相机的位置）

自动拍摄装备架设地点表格2

附录2-B：表格2－自动拍摄装备架设地点监测

在正式监测时使用此表

表格编号：_____资料编号：_____

记录每一次监测的信息 ☐ 感应设备**TrailMaster** ☐ 照相设备**CamTrakker**

地点编号：	**表格编号：** **位置：**			**相机编号**	**胶卷编号：**	**开始时间：** **开始日期：** **结束日期：**
监测日期	**监测人姓名：**	**照片 &** **事件**	**出现的痕迹**	**类型和时间分类**	**足迹测量&追踪数目**	**备注**

设置：

自动感应设备Trailmaster：P＝_____，cd= _____，记录时段：时段1=_____ 到____ ，

时段2= _____到_____

照相设备CamTrakker: ☐ **持续** ☐ **仅在白天** ☐ **仅在晚上** ☐ **快速** ☐ **慢速 延迟时间= _____**

方位:_____ 痕迹以上的高度： _____到痕迹1的距离：_____到痕迹2的距离=_____

胶卷: 商标： _____速度：_____ 每卷照片数： _____

☐ 彩色 ☐ 黑白 ☐ 可打印 ☐ 不能打印

其他注释：

附录2-C：定义和数据代码

抓痕地点：

无痕迹	0	通常在监测地只能见到一个抓痕或者所有的抓痕（和粪团）大约都是同一个时期的，没有明显的重复。
有痕迹	1	通常能在监测地见到大约3－10个不同时期的抓痕。由于标记作用，一些或大多数抓痕有明显刻纹，同样也能见到不同时期的粪团。

监测地的痕迹类型：

擦痕 Scrape	SC	由雪豹或其他猫科动物留下的擦痕
爪痕（犬科动物）Scratch	SR	由犬科动物留下的痕迹
粪团 Feces（scat）	FE	散落或坠下
尿迹 Urine	UR	尿迹
气味标记 Scent Spray	RC	通过喷射气体以做标记
抓痕 Claw rake	CL	由猫科动物的爪子在树干或岩石表面留下的痕迹
足迹 Pugmark	PU	足迹

标记的时间或可见度（根据标记的类型）

擦痕

时间很久	0	受严重的风化和分解，擦痕特征已很难辨认，在擦痕处常能见到新生的植被（时间大约有3－6个月）
时间久	1	中度的风化和分解，擦痕处可显示其圆形形状，偶尔有植被在抓痕下陷或鼓起处生长（时间大约有几个月以上）
新鲜	2	轻微的风化，擦痕形状清晰边缘突出，容易辨认，在擦痕下陷或鼓起处没有新生的植被。（时间大约有1－4周）
很新鲜	3	几乎没有或没有受到风化，因此擦痕形状突出和“干净”，非常容易辨认。在下陷或鼓起处没有植被。沙地或碎石地可能覆盖着一些植被，已被压弯。也许能在附近发现其他的痕迹如足迹或尿迹，这些标记也是很新鲜的（时间不超过1周）

足迹

时间久	0	由于显著的风化作用，足迹很难辨认（时间至少在2周以上）

新鲜	1	足迹留有清晰的边缘和形状（时间为几天，不超过一周）
很新鲜	2	足迹非常新鲜，显示出完整的表面细节、非常突出的边缘（不超过24小时）

粪团

时间久	0	粪团颜色班驳并裂开，表面坚硬，内部干燥（时间大约有几周或几个月）
新鲜	1	粪团发臭，“看着新鲜”，内部平滑有光泽（2天以上10天以下）
很新鲜	2	粪团仍然是表面湿润，内部潮湿（不超过2天）

气味标记岩石

无	0	没有可以探查到的气味标记（3个月以上）
轻微的	1	气味刚好能探查出
中度的	2	气味容易被探查出
强烈	3	绝不会弄错的气味
非常强烈	4	气味很强烈（25厘米之外或者更远处就能闻到。几个星期内留下的。）

地表类型

岩石	1	地面有大块的岩石
沙土	2	沙地的表面有直径小于2毫米的沙粒
碎石土	3	混有小圆石和土壤的地表（小圆石的直径不超过2毫米）
淤泥地	4	由纤细的或非常纤细的颗粒组成的土壤表面（粘土、淤泥及灰尘）
雪地	5	以雪为主的地表
植被地	6	以植被覆盖为主的地表

足迹测量

测量整个雪豹足迹的长度和宽度，及脚跟部分的长度和宽度。记录足迹是左脚还是右脚，以及是前脚或后脚（通常前脚比后脚要大而圆一些）。辨别左右足最好的办法是看最前面的脚趾的位置，如果它在右面，则是左脚，如果它在左面，则是右脚。而且，猫科动物行走时脚步迈向身体中心处。

表格填写示例（显示2次实地访问后的结果）

附录2-D：监测表格填写范例

当开始记录数据时先查看此表格的填法

表格编号： 1 **资料编号：** _____

记录每一次访问的信息 **X 自动感应设备 ☐ 照相设备**

地点编号： **2004-H3**	**表格编号：** **地点：Husing, middle gorge**			**相机编号：** **TM-11**	**胶卷编号：** **05-11-1**	**开始时间: 1345** **开始日期: 03 Jan 2005** **结束日期:**
监测日期	**监测人姓名**	**照片 & 事件**	**出现的痕迹**	**类型和时间分类**	**足迹测量及追踪数目**	**备注**
18 Feb-05 *JD*	*12 件* *Events*	*Cam 1: 6* *Cam 2: 6*	*Yes*	*SC-2, RC-1*	*N/A*	擦痕较新，大约4天。岩石嗅迹没有重新标记。记录并重新设置TrailMaster记录事件。
18 Feb-05 *JD, RW*	*65 件* *Events*	*Cam 1: 21* *Cam 2: 21*	*Yes*	*SC-1, RC-3* *PU-2*	*6.5 x 8 cm*	前两天有雪豹经过。岩石嗅迹被重新标记。胶卷几乎被用完。换新胶卷，标签为 *05-11-2.*

设置：

自动感应设备: P= *8* **, cd=** *0.3* **，记录时段: 时间段 1=** *0400* **到** *0700*，**时间段 2=** *1900* **到** *2200*

照相设备: ☐ **持续,** ☐ **仅在白天,** ☐ **仅在夜晚** ☐ **快速,** ☐ **慢速** **延迟时间=** _____

方位: *220°* **距痕迹的高度:** *40cm* **到痕迹1的距离:** *3.2 m* **到痕迹2的距离=** *N/A*

胶卷商标: 富士彩色 **速度:** *400* **每卷照片数:** *24*

X 彩色 ☐ 黑白 **X 可打印** ☐ 不能打印

其它注释: 在这个地点有三处擦痕，但是因为被雪覆盖，在安装时没有发现。

CAPTURE文件的格式

附录2-E：CAPTURE文件输入示例

必须将过去所捕获的信息（第4章表格4）以下面的格式输入ASCII文件中，然后通过CAPTURE软件进行分析：这些数据显示6只雪豹（标记为1到6），在5天的9次拍摄捕获的历史记录。雪豹＃1为成年雄性，在所进行的9次拍摄中有7次被拍到，而雪豹＃6只在最后一次被拍到。输入文件应使用ASCII文本编辑，如Microsoft记事本，捕获记录文件可以根据屏幕提示或“批处理”文件交互使用。CAPTURE手册的详细信息可以在以下网站下载得到：

http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/

表格4中所得到的历史捕获记录如下（后面有对名词的更详细的解释）

```
名称＝“雪豹调查示例”
记录信息＝9 x 矩阵
格式＝‘（a5,4x,9f1.0）’
读取记录数据
1 AdM   111011011
2 AdF   011100011
3 Sub?  011010010
4 SubM  000100001
5 AdF   100010000
6 Ad?   000000001
结束检测记录操作＝1-9
选择记录模型操作＝1-9
记录数量估计操作＝1-9 NULL JACKKNIFE REMOVAL ZIPPEN DARROCH
记录数量估计操作＝1-9  MT-CH MH-CH MTH-CH
```

名称＝“雪豹调查示例”（所做调查的名称）

记录信息＝9x矩阵（指数据为x矩阵格式，在这种情况下每一个动物有9个样本记录）

格式＝‘（a5,4x,9f1.0）’（格式信息需要通过软件进行数据处理）

a5　表示编号特征向量

4x　编号和数据的空间编目，所使用的程序会略过

9　表示获取信息的数量

f1.0　表示没有经过四舍五入的整数，1＝样本记录中有获取的信息，0＝样本记录中无获取信息

读取输入数据（在这里添加数据——特别注意保证格式的正确性，最好在文本编辑器中进行操作，而不致使在简单的ASCII格式中增加其他的特殊的格式和记录特征）

结束检测记录操作＝1-9（通过关闭检测结束整个记录）

选择记录模型操作＝1-9（基于所有的样本信息来确定数量估计）

记录数量估计操作＝1-9 NULL JACKKNIFE REMOVAL ZIPPEN DARROCH（*这将指令CAPTURE分别通过以下模型来估计种群数量：无效模型 (M0)、异质模型(Mh)、诱捕反应或移动模型 (Mb)、Schabel模型(Mt)*）

记录数量估计操作＝1-9 MT-CH MH-CH MTH-CH（*这将指令CAPTURE不进行种群估计而是评估三种模型：即捕获和再捕获的时间变化模型(Mtb)、时间异质性模型(Mth)、及所有效果模型(Mtbh)*）

也可以选择“数量估计任务（Task population estimate all） ”来得到最合适的模型，此命令为“适当的数量估计（Task population estimate appropriate）”

通过查阅CAPTURE用户指南以获得更多帮助。

使用者不用下载和安装此软件，能通过以下网址进行在线操作：

http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/capture.html

附录3：红外自动拍摄设备的新一代产品

因为在野外无法冲洗胶卷，数码照相机为获得几乎是实时的数据提供了另一种选择。然而目前的数码相机型号在三个主要的因素方面限制了利用自动拍摄设备开展调查的有效性（Urs Breitenmoser，个人交流）：

- 多数生产商装配了自动关机线路，因此这需要相机能在短时间内重新处于工作状态。而继起的启动通常是缓慢的，同时也耗费了相当多能量。一个解决办法是使用如汽车或卡车用密封铅电池这样的外部电池来维持能量。
- 和传统照相机相比，便宜的数码相机有一个较长的脉冲率。如，在按下快门或“触发”与照片被拍摄之间存在时间延迟。许多商店出售的数码相机都会有1-10秒的脉冲率，尽管已经有了很大进步，但这样的速度对于快速通过照相机镜头前的动物来说是太慢了。
- 通常数码相机在低温状态下不能很好地工作。

我们相信科技还会不断进步，同时为了理想的工作系统我们会贡献好主意的!

3.1 理想的模拟数字式摇控照相设备系统的特性

模拟型设备

最低性能（价格范围在150－300美元之间）

- 耗能低，如，至少能在野外连续使用一个月，能在零下30至零上32摄氏度的温度范围内工作。
- 首选的电池型号为“D”（目前所使用的“C”号电池在国外很难见到）。
- 被动式红外&运动感应触发器，但是主动式红外触发器会更好，即使在最基本的设备装置中（当前的CamTrakker是被动式触发器）。
- 将装有所有组件装在四方型防水盒中，它可以放置在岩石表面，而不必用绳子绑在树上。目前的型号，如CamTrakker或TrailMaster就是这样设计的。
- 能够在照片上记录日期和时间（或以数码方式记录）。
- 接收器应尽可能避免受到太阳光直接照射。
- 容易精确地对准目标（如，通过测距仪来调整）。
- 通过防水盒上面的窗口能够看清当前的照片拍摄数。
- 相机的效能高。

优良型性能（每套装备的价格不超过400美元）

- 主动式红外感应（如，以前曾使用的自动感应设备TrailMaster1550）
- 稳定的记忆功能，电池寿命至少在2－4个月。
- 太阳能作为备用能源。
- 绝热外箱，使得装置在零下40至零上32摄氏度的条件正常工作。
- 设置延迟时间，使前一张照片拍摄过后系统短暂停止。
- 内置式数据储存设备能够记录所有“事件”的日期和时间。每次照片拍摄之后，触发器都会被触发（如，TrailMaster1550）。
- 能够设置白天/晚上记录时段(最少1个时间段，更佳的如TrailMaster 1550有2个时间段选择)
- 应当有低电量显示或电压读数。
- 同步反应速度，也就是说触发器被触发的同时，照片也能被立即拍摄下来。
- 触发器最大使用距离为17米左右，可以使几个相机并连使用同一个多功能开关，类似TrailMaster1550使用的。

数字型设备

最低性能（每套装备的价格不超过400美元）

- 耗能低，如在野外可连续使用一个月，可使用充电电池；单独的电池（不像每一个CamTrakker需要3节电池）
- 太阳能作为备用能源。
- 温度要求和模拟型设备相同。

- 主动式红外感应触发器（和TrailMaster1550所使用的相同）——能够在相机视野的范围内安装一个监测器，这样设备能够及时起作用并减少失去移动中动物的拍摄机会。
- 外箱的构造同模拟型装置。
- 相机可设置为拍摄时记录日期和时间。
- 接收器应尽可能避免受到太阳光直接照射。
- 容易精确地对准目标（如，通过测距仪来调整）。
- 通过防水盒上面的窗口能够看清当前的照片拍摄数。

优良型性能（价格不超过500－600美元）

- 同步反应速度，也就是说触发器被触发的同时，照片也能被立即拍摄下来（最多几秒钟的时间）。
- 可以将图片存在数字存储器内，以方便在野外更换闪存卡。一旦数码相机脱离架子，在使用中将会出现许多的问题。
- 能关闭自动变焦功能的照相机（例如，如果情况确定就设定固定焦距）。
- 温度要求和模拟型设备相同。
- 在野外镜头/相机容易对准目标和放置（要记住冬天最好带上好的手套）。
- 设置延迟时间，允许前一张照片拍摄过后系统的短暂停止。
- 日期和时间应当被记录在照片上（或者数据库中）。
- 如模拟型设备中的内置式数据储存设备。
- 内置式数据储存设备。
- 触发器最大使用距离为17米左右，可以使用多台照相机同步触发（至少两套设备）。

3.2 自制主动式红外感应相机评估

由雪豹保护协会（SLC）的Jerry Roe 和Scott Slattery提供

介绍：

我们在2000－2001年的野外调查中设计并组装了自制红外感应相机设备。目的是为了设计一种使用简单、容易制造、成本低的装置用于在野外监测雪豹。我们以TrailMaster1500主动式红外监测器为设计基础。考虑到艰难的野外条件下，如强光的照射、低温、大雪，主动式红外监测器在拍摄野外雪豹照片方面最可靠。实践证明被动式红外监测器在这种条件下效果不佳，并且安装更为复杂花费也更多。SLC使用几个TrailMaster1500/1550进行主动式红外监测，每一个装置通过一个TM多相机开关II和两台佳能35毫米相机相连，一个完整的自动感应装备TrailMaster总花费不超过900美元。由于相机的价格限制，我们估计自制红外感应相机会比这个价格低至少一半。

材料和方法

我们使用的佳能Owl Sureshot 35毫米相机，具有耐恶劣天气、自动对焦，记录日期/时间等特征，我们依照Moruzzi(2000)的办法对这些相机进行改良。读者可以参考York等（2001）来评估这些相机的性能。为了使野外安装容易连接，越过快门按钮焊接一环行线路，并从外部连接到一个标准的听筒塞孔上。

红外发射器和接收器是由在Radio Shack（地址是：Riverfront Campus World Headquarters, 300 RadioShack Circle, Fort Worth, Texas 76102-1964 USA）和Fry’s Electronics (地址是Fry’s Electronics Corporate Office, San Jose, California)所购买的电子元件组成。由低成本的电视摇控元件改进而成的接收器通过电路的短路不断的发送信号，红外显示器LED通过在一个弧形区域内发送脉冲红外线，约为150度，来实现其摇控功能。为了弥补并减少可能的错误感应，构建一个平行线路，将两个商业用的红外显示LED发送器安装在一个1英寸长（1英寸约为2.5厘米）、直径为1/4英寸的铝导管内。并将该导管以间距为2英寸平行固定在一个大小为4x3x2英寸的塑料食物存储盒内。把电路板切割成关键部件大小的尺寸，与9伏的电池相连接。再将所有的的组件装在储存盒里，与支架固定在一起。

接收器比较复杂，它要实现一系列基础的功能。我们使用Parallax,Inc(地址：599 Menlo Drive, Suite 100, Rocklin, California, 95765 USA)的基础标志（BASIC Stamps）来实现这些功能。BASIC Stamps是可编程的微控制，使用PBASIC逻辑数字命令进入到DOS系统下执行，以这种方式运行Stamp来监测红外接收器（从Radio Shack购买）。如果接收器0.5秒内不能从发送器接到信号，Stamp会给相机发出一个电子信号，这可以触动快门拍摄照片。同时，2分钟的延迟设置可以防止拍摄到其他不相关动物的照片，如家畜。该装置由2节D电池提供能量，它们被单独放在一个小容器内，和前面所描述的那个相似。用电线将接收器和电池盒相连，并放置在一个稍大的存储器内。将一个大约20英尺长的带有标准听筒塞孔的交叉电话线连接到装置盒，在野外能用这根线来控制相机。

结论：

在印度的野外调查之前，我们在一条走廊的有密闭顶棚的环境下对装置进行了测试。测试相当成功，只有少数几次错误触发。可是，当我们的设备在印度拉达克（Ladakh）地区对雪豹进行实地监测时，却不是很可靠。一天之内一整卷胶卷都由于错误的触发而浪费掉了。最可能的原因是组件的质量较差，红外感应受到太阳光的干扰。虽然我们采取了一些预防措施来减少这种错误，但仍需要使用高质量、高价格的组件来改变此套装置的整体设计缺陷。在自动感应设备TrailMaster中实现事件计数器及时间区的选择需要PBASIC程序的支持。不过，自制相机都能实现这些功能，关键在于质量优良的红外发送器和接收器组件以及足够的能量支持。在野外更可靠的组件则需要更多的能量，因此电池容量和花费成为了限制因素。

建议：

除了市场上销售的价格昂贵的机型，只需要掌握基本的电子学知识，自制被动或主动式红外感应拍摄装备为我们提供了另一种选择。实践证明我们的装置在可控制的野外环境条件下工作良好，但是在开放的环境下不起作用。然而，当我们需要雪豹出没/未出没的信息时，由于自制设备结构简单、成本低，它能够在可控制的环境下被使用。

参考文献：

Moruzzi, T. L. 2000. Surveying Carnivore Distribution in Southern Vermont Using Remotely Triggered Cameras. Master of Science Thesis. University of Massachusetts. February.

York, Y.C., T.L. Moruzzi, T.K. Fuller, J.F. Organ, R.M. Sauvajot and R.M. DeGraaf. 2001. Description and evaluation of a remote camera and triggering system to monitor carnivores. Wildlife Society Bulletin 29(4):1228-1237.

相机制造商、地图、GPS工具和捕获分析软件

附录4：照相设备的资源

注释：网站更新后URL地址可能会改变，因此，我们建议您通过搜索引擎如www.yahoo.com或www.google.com来浏览。地址的前缀http://是虚拟的。雪豹保护组织（SLC）不对任何产品作担保。

4.1 相机制造商和网站（改编自Henschel及Ray,2003）

下面的网站提供了对各种相机的详细描述，但其主要目标群体是猎人而不是生物学家：

www.jesseshunting.com/reviews/gear/category6

从3或4所给的信息中可知，对于经常并广泛开展野生动物的照片捕获研究者，我们给出如下建议：

CamTrakker —— 被动式红外监测器，35mm数码相机（见表14）www.camtrakker.com

Crow Systems —— 设计和制造用于野外研究的电子设备：www.crowsystems.com/cameras.htm

TrailMaster —— 为野外工作的研究者、摄影师及猎人提供痕迹跟踪监测系统。主动或被动式红外监测及摇控视频跟踪监测。（见表14中TM1550）www.trailmaster.com

Non Typical DeerCam Game Cameras —— 目标群体为猎人，被动式传感器记录事件并可以设置相机起作用的时间。(见表14) www.nontypicalinc.com

Stealth Cam Game Cameras —— 目标群体为猎人　www.stealthcam.net

其他的一些摇控相机制造商:

Highlander Photosentry: 目标群体为猎人 www.highlandersports.com

Moultrie Got-cha: www.moultriefeeders.com

Trail MAC 35毫米数码照相机：www.trailsenseengineering.com

Trail Timer —— 游戏显示屏，也有一个系统可以让你使用自己的相机。 www.trailtimer.com

Vigil —— 痕迹的红外监测器 www.roc-import.com/gb/monitor/index.php

4.2 自制红外自动拍摄设备

Hag's House:专门为自制相机和传感器服务的网站，可以通过网上论坛在线提问和回答：

www.hagshouse.com/Hags%20House/My%20Sensors.htm

The Home Brew Game Trail Camera Project:指导你如何自己组装红外自动拍摄设备的网站：

www.jesseshunting.com/site/homebrew-cams.html

Field Pix Game Camera Systems:为那些希望自己组装相机的人提供整套系统、部分系统、或电路板www.fieldpix.com.

PixController: 供35毫米相机使用的电路板、数码相机的电子快门控制、及可携式摄像机：

swarnke.sasktelwebsite.net/pixcontroller.html

4.3 分析软件

用于分析的CAPTURE和PRESENCE软件可在马里兰Laurel USGS Patuxent野生动物研究中心的网站免费下载:

www.mbr-pwrc.usgs.gov/software.html

可以从美国科罗拉多州立大学Gray White的网站上获得CAPTURE, MARK, JOLLY, JOLLYAGE等软件，及已经不再版的Otis等(1978)野生动物专论。该网站由Gary White维护，同时他也维护在科罗拉多州MARK服务器上的讨论组，在线处理一些捕获－再捕获的问题。www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm

4.4 雪豹分布区的地图和卫星影像

比例尺为 1:50,000 到 1:250,000 的地形图是进行雪豹野外调查的关键。可惜大多数雪豹分布国政府严格限制它们的使用和发行，这使得即使当地人也很难得到这类地图，除非他在政府部门工作或者能够取得所需手续。很明显，这样的政策已经跟不上卫星和数字地图时代的步伐，更多的是阻碍了自然资源的保护和管理，而不是保守国家机密。

随着苏联的解体，高质量的地形图得以广泛利用，而且当国内的地图不能使用时也是很有价值的。俄罗斯地图的比例尺范围为1:100,000到1:1,000,000，很多地区的地形图都可以获得，但不是所有地区。价格大约从75美元到100美元不等，并且能提供影像图（tiff格式）或能被输入GIS(地理信息系统)软件的地理参照影像图，如ESRI公司的ArcView和ArcGIS软件，被认为是世界领先的GIS软件和网上地图应用软件(www.esri.com)。总的来说，市场上还有许多其他好的产品。

可以在一些网站购买俄国地图：

FourOne有限公司通常有1:200,000比例尺的地图：www.fourone.com/cn/cnkm1000.htm

Omnimap：www.omnimap.com/catalog/russia/

EastView Maps:查阅以下网站了解你所感兴趣领域的详情：www.cartographic.com/products/topographic/overview.asp

有些大学和公共图书馆也为注册用户提供复印或电子版本。如，伯克利的加利福尼亚大学可提供很多系列的俄罗斯地图：www.lib.berkeley.edu/EART/topo.html

一些公司也提供数字空间平台，知名的DEM’s即数字高程模型（Digital Elevation Models），根据已有的地图数据库为顾客建立DEM模型。如，EastView地图的网站链接：www.cartographic.com/data/geospatial/catalog.asp

随着全球90米分辨率的Shuttle Radar Topographic Mission（SRTM）的出现，DEM数据（尽管在非洲和大洋州还没有完全开放）以及全球陆地覆盖设备（Global Land Cover Facility）发现用DEM数据和卫星影像来查找材料变的更加容易了。但是，全球的地形图供应都有相似的问题：不易获得（至少免费数据是这样）、质量参差不一、现有的地图很昂贵，而且不清楚在哪里能找到自己想要的地图。如果大约十年前大量的俄罗斯地形图数据没有公布的话，至今世界上其他地方都没法获得这些数据。至少在本手册写作之时，尚未有关于雪豹栖息地的价格低廉的数据信息。

另一个是给飞行员提供的引航图可供选择，但是这些图的比例尺都非常的粗糙，以较粗的比例尺来显示地形，但这也可以帮助绘制某一潜在的调查区域。使用最广泛的地图是由美国政府提供的比例尺为 1:500,000 或 1:1,000,000 的航空图。网址为：geoengine.nima.mil/geospatial/SW_TOOLS/NIMAMUSE/webinter/rast_roam.html

航空战术图（Tactical Pilotage Chart）是1:500,000比例尺的地图，是专为航空导航服务的。因为航空图最初是为了避免飞机飞向地面，所以这种地形图显示地形信息，也包括能从空中看见的大城镇的位置、公路、铁路和其他地面特征。因此，低分辨率的、作为一般用途的地形图，这种航空战术图可以不妨一试，特别是当没有别的选择的时候。虽然这些地图没有像高分辨率的俄罗斯地图那样的细节，但对显示某一地区的雪豹区域来说仍是有价值的。

可以通过Geospatial引擎，打开‘NGA Coverages’标签下的TPC工具包，获得这些地图。（也可以查看以下网址：www.terrainmap.com/newsinfo.html）

卫星影像：

许多公司出售分辨率从1－30米的卫星影像地图，价格并不便宜，最新版的高分辨率的影像图大约每平方公里要价22美元。以下网站中给出了一些市场和政府数据资源的例子：

Earthsat (now MDA Federal): www.mdafederal.com

EarthExplorer map service: edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/

Antrix Corporation Limited. www.antrix.org

Space Imaging, Inc: www.spaceimaging.com

Digital Globe, Inc: www.digitalglobe.com

Spot Image Corporation: www.spot.com/html/SICORP/_401_.php

有些雪豹分布国有自己的卫星影像数据，如中国和印度：

印度的国家遥感机构： www.nrsa.gov.in 中国国家遥感中心: www.nrscc.gov.cn/english/about.asp

Google Earth 3D地图软件：

Google最新发布的Google Earth免费软件，能够提供高质量的世界范围的3D影像。在登陆“地球影像”的网站（下面有具体地址）后，用户可以点击和放大地球上任何一点他们希望探索的地方。卫星图象和当地相关情况会跳入你的视野。通过在线搜索可以找到你感兴趣的地点和具体情况，而且你甚至可以看到行车指示或者是两点或多点间的指定航线。

我们相信Google Earth提供的是一个非常有用的工具，可以帮助辨认和评估调查区域，制定调查路线、调查所需后勤补给，而且可以将关注区域的影像图打印下来供调查者共用。该程序需要一台快速计算机，3D显卡，1024*768（或更高的清晰度）32位真彩显示，Windows2000或XP操作系统，并且可提供下载或网速至少在128K（如，宽带/DSL）。希望Macintosh和Linux操作系统将来也可以使用。访问以下网站，你可以了解更多相面信息，并可下载此软件：www.earth.google.com/earth.html.

NASA的“世界风”（World Wind）允许任何用户以卫星高度缩放到地球的任意位置，用高分辨率的LandSat影像和SRTM（www2.jpl.nasa.gov/srtm）或STRM高程数据，用丰富的可视化的3D效果来体验我们的地球。使用双键鼠标来控制航向。“世界风”计划在最新的PC硬件上运行加速的3D，这样可以以每个像素表示1公里的分辨率在我们的眼前展示整个地球无与伦比的真彩画面，就好象从美国航空航天署（NASA）的天文观测台上看到的地球一般。如果想看到更多的详情，放大至1999－2003年的Land Sat7影像，分辨率在每像素15米。“世界风”（45MB）可以在以下地址下载：worldwind.arc.nasa.gov/index.html

4.5 GPS装置

GPS（全球定位系统）是一个非常有用的工具，可以用来记录地球上的精确地理位置，它是通过地球高空轨道的 24 颗人造卫星来进行三角测绘。使用 GPS 装置测量到的数据能输入到 GIS 中，对野外数据进行空间分析，更容易将有效区域进行电脑处理。有许多 GPS 制造商，这里我们仅介绍三家较大并得到广泛认可的制造商。你也可以使用“google”搜索你所感兴趣的 GPS 生产商家。联邦航空管理局（Federal Aviation Administration）网站提供良好的 GPS 基本描述：gps.faa.gov/GPSbasics/。同样 GPS World 也对 GPS 做了简短说明，并提供了许多在线指南的链接：www.gpsworld.com/gpsworld。

当前能获得的最好的喜玛拉雅地区地形图为大比例尺地图，GPS空间定位可为某地精确绘制小比例尺的地图和高分辨率卫星影像的实地地图。根据GPS的精确度，它可以提供精确到厘米的数据。GPS装置容易携带并耐用，不仅能记录到野外的点、线、面数据源，而且可以在遥感勘测中作为一个跟踪设备，以更高的精确度实时跟踪带有项圈的动

物。在美国曾使用GPS遥感勘测仪记录了明尼苏达州狼群的群居活动和半径，

www.npwrc.usgs.gov/resource/mammals/gpswolf/gpswolf.htm

价格较高（4000美元或更多）是可绘制精确地图的便携式GPS的主要缺点。不过有很多价格在150－500美元之间的GPS，在红外相机监测雪豹的调查中，足以获得关于地点和其他信息的数据。GPS设备的制造商包括：

Trimble: www.trimble.com

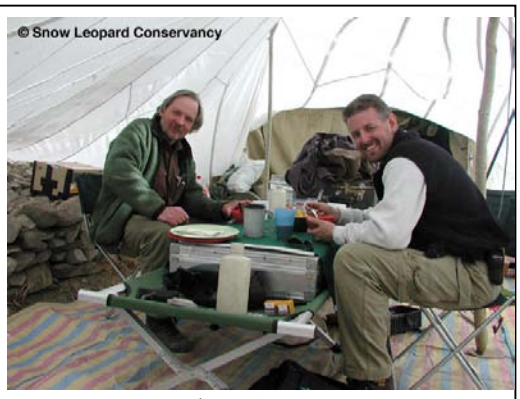
Garmin: www.garmin.com/outdoor

Magellan: www.magellangps.com/en

以下网址提供了更多的GPS及其制造商的信息：

www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

fwie.fw.vt.edu/tws-gis/wwwsrce.htm



Rod Jackson（左）和 Jerry Roe

Rinchen Wangchuk

Don Hunter

作者介绍

Rodney M.Jackson 博士是雪豹保护协会（Snow Leopard Conservancy）的创建者，也是野生雪豹和它们高山栖息地研究领域首屈一指的专家。Jackson博士在1981年获得Rolex奖，他在尼泊尔喜马拉雅的偏僻山区率先利用无线电追踪技术研究雪豹，也因此登上了1996年6月刊的美国《国家地理杂志》的封面故事。他撰写了IUCN-世界保护联盟关于猫科动物状况调查和保护行动计划的雪豹部分。该文件是阐明保护地球上仅存的野生猫科动物必要性和时机的至关重要的文件。Jackson博士也是IUCN猫科动物专家组的核心成员，早期作为国际雪豹基金会的保护主任，使雪豹痕迹调查方法（SLIMS）在12个分布国得以标准化。他还在中亚国家的自然保护区内对一些生物学家进行了关于调查方法的培训，目前他比较关注自动相机拍摄设备在社区中的应用。雪豹捕食家畜对当地农牧民的生活造成直接影响，在过去的20多年中，Jackson博士与当地农牧民紧密合作，雪豹保护协会也逐渐发展壮大。他的工作也得到了国家地理学会（National Geographic Society），Smithsonian Institution、美国鱼类和野生动物服务机构

（U.S. Fish and Wildlife Service），美国国际发展机构（Agency for International Development），野生动物保护协会（Wildlife Conservation Society）和世界自然基金会（WWF）等组织的资助。

Jerry D. Roe是野生动物生态学家及游牧民生态学顾问，也是雪豹保护协会(SLC）的野生动物专家。他在美国加州大学圣琼斯分校(San Jose)获得了保护生物学的本科学位，生态学、保护和有机生物学硕士学位。他的研究兴趣包括雪豹的种群生态学、非入侵式监测技术、捕猎动物-被捕猎动物关系。他的硕士论文为通过雪豹独特的皮毛图案来进行个体辨别，作为一名野外生物学家，他在渔业、爬虫学、哺乳动物学、鸟类学及昆虫学方面有近十年的工作经验。他多样的背景既包括了野外经验，也包括了全面的、关于自然资源、濒危物种管理和土地利用方面的法律和政策的知识和理解。他采用标准取样法，在渔业、植物学、野生动物方面设计和进行了许多基础科学研究，并且主持过一些私人、公共及非营利机构的大型项目。

Rinchen Wangchuk是SLC在印度的野外项目主任，他希望能将SLC的理念和项目引入这个重要的雪豹分布国。在印度拉达克Leh，Rinchen的工作深入社区，为防止食肉动物在夜间侵入家畜围栏，他为当地居民提供培训，特别是妇女和年轻人，培养他们提高经济收入的技能，同时又可以起到对雪豹的保护；并且为本地NGO组织提供能力建设，保护印度山区的生物多样性。Rinchen负责联合国教科文组织资助的一个乡村旅游项目，使SLC和其合作者共同发起了喜马拉雅的本地保护项目。出生并成长在南亚克什米尔农村的Rinchen，有着丰富的登山经验，最近更成为一名保护区的旅游向导，这些经历都使他立志为野生动物和农民的福利而努力。他曾和印度登山者一起，登山了Ladakh’s Nubra地区Saser Kangri II 24,660英尺的顶峰。他接受过尼泊尔山区学院（The Mountain Institute)和泰国RECROFT (Thailand)的关于社区旅游的特殊培训。Rinchen也协助研究者们开展“地球观察（Earth Watch）”项目“雪豹的领地”，并作为一名自然主义者他参与了许多赫米斯国家公园的记录片拍摄，其中包括受到广泛欢迎的“沉寂的怒吼——寻找雪豹（Silent Roar：Searching for the Snow Leopard）”

Don O.Hunter博士是美国佛特柯林斯科学中心地质调查（Geological Survey, Fort Collins Science Center）的生态学家，在美国科罗拉多州立大学获得生态学博士学位，20年来他既是技术专家也是一位生态学研究者。目前，他作为科技信息专家组的监督员，使用多重数据库和地图工具，为联邦政府提供网站支持系统（ecos.fws.gov）。Hunter博士在中亚的主要研究是高山生物多样性的保护及濒危动物雪豹的调查，中亚的雪豹研究工作为在Rocky山国家公园的山狮的研究有一定帮助。同时他也是雪豹保护网络（Snow Leopard Network）中的一员，曾和Jackson博士一起在中国、印度、巴基斯坦及蒙古做雪豹卫星遥感监测研究。

雪豹保护协会（SLC）致力于基于社区而开展的对濒危物种雪豹、捕食对象及栖息地的保护。

雪豹是丰富的生物物种当中一个重要的组成部分，然而常常被中亚、南亚的高山生态系统忽视。偷猎、食物的减少、过度放牧、与家畜的食物竞争及报复性的猎杀是雪豹种群不断下降的主要原因，并已被列入濒危物种。

雪豹保护协会（SLC）成立于2000年，由Rodney Jackson博士创立。经过他25年的野外工作经验，他深信雪豹保护的关键是正确处理报复性仇杀的原因和其他人与野生动物的冲突。山地社区很大程度上依赖于他们的家畜来提供肉食、日常生活用品、羊毛、交通及肥料。但是由于偷猎使野生食物耗尽，雪豹、狼及其他的食肉动物不得不把家畜作为它们的食物。尽管雪豹在当地流传的民间故事中很受崇敬，牧民们仍然憎恨进入防护疏忽的家畜围栏并杀死家畜的雪豹，虽然是偶发事件，但十几只绵羊和山羊就是一个家庭所有的积蓄。SLC的工作直接针对偏僻的山区居民，帮助他们通过保护当地的野生动物和加固易受攻击的畜栏来避免这种情况的发生，使得雪豹能够与其分享同一个栖息地，并在强有力的社区参与下形成一种持久的保护。

我们把保护行动与提高生计和收入相联系，与本国的合作伙伴一起，在社区内发展适合于本地的技能。使用高参与式计划（有价值的参与式计划和行动，简称APPA）[1]，该计划由山地协会（The Mountain Institute）发起，首先在西藏用于解决人与动物的冲突问题。结果是，当地人民能够通过自己的力量改变他们与野生动物的冲突，这对雪豹及其食物、栖息的保护非常有效。我们把家畜饲养和提高收入的办法引入社区，使社区居民了解雪豹虽然是一种威胁，但更是一种长期的资产，这种态度的转变对物种的保护是至关重要的。SLC的生态旅游计划，包括喜马拉雅的居民，这可能是世界上唯一的直接保护亚洲高山地带濒危旗舰物种的保护计划。

(请看以下网址：www.Himalayan-Homestays.com)

自2002年起，SLC使用红外照相设备作为收集猫科动物种群数据的重要工具，同时SLC也为当地居民提供相关的培训。通过提高社区居民的意识、技能及雪豹生存状况的有关知识，使其有更大的兴趣并愿意参与到和他们的生活相关的决策中来。SLC使用当地语言的海报、儿童书籍、对教师的培训来提高环境意识；以当地文化为背景，将高山食物网和雪豹生存地的基本理念传入人心。在雪豹栖息国保护雪豹的方法不是唯一的。要解决根本问题需要好的科学方法，结合本地情况、面临的威胁及其他方面的构思。SLC的办法是将传统知识与社区的共同参与相结合。

“以广泛的经验为基础，雪豹保护协会现实主义的方法是富有创造性和极为关键的，它为雪豹保护的成功提供了坚实的保障。”

乔治·夏勒

科学主任，野生动物保护协会

Wildlife Conservation Society

雪豹保护协会的地址和相关信息如下：

Snow Leopard Conservancy

18030 Comstock Ave,

Sonoma, CA 05476.

电话：+1.707.935.4851

传真：+1.707.933-9816

电子邮件：info@snowleopardconservancy.org

网址：www.SnowLeopardConservancy.org